# Betriebsanleitung

## Gefriertrocknungsanlage

EPSILON 2-6D LSC *plus*

Best.-Nr. 113100, 113120

CHRIST

*Gefriertrocknungsanlagen*

*Rotations-Vakuum-Konzentratoren*

Bei Rückfragen unbedingt folgende Nummern angeben:

Auftragsnummer:

Fabriknummer:

© Copyright by
Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode am Harz
Germany

Tel.: +49 (0) 5522 / 5007-0
Fax: +49 (0) 5522 / 5007-12
Internet: www.martinchrist.de
E-Mail: info@martinchrist.de

**1 Allgemeine Informationen ..... 9**
1.1 Stellenwert der Betriebsanleitung ..... 9
1.2 Bestimmungsgemäße Verwendung ..... 9
1.3 Gewährleistung und Haftung ..... 10
1.4 Urheberrecht ..... 10
1.5 Zeichenerklärung ..... 10
1.6 Normen und Vorschriften ..... 10
1.7 Lieferumfang ..... 11
**2 Aufbau und Wirkungsweise ..... 12**
2.1 Aufbau der Gefriertrocknungsanlage ..... 12
2.1.1 Funktions- und Bedienelemente ..... 12
2.1.2 Typenschild ..... 16
2.2 Wirkungsweise ..... 17
2.2.1 Gefriertrocknung allgemein ..... 17
2.2.2 Ablauf eines Gefriertrocknungsprozesses ..... 19
2.2.2.1 Vorbereitung ..... 19
2.2.2.2 Gefrieren ..... 20
2.2.2.3 Haupttrocknung ..... 21
2.2.2.4 Nachtrocknung ..... 21
2.2.2.5 Trocknungsende und Belüften ..... 22
2.2.2.6 Abtauen ..... 22
**3 Sicherheit ..... 23**
3.1 Beschilderung des Geräts ..... 23
3.2 Symbol- und Hinweiserklärungen ..... 24
3.3 Verantwortung des Betreibers ..... 25
3.4 Bedienpersonal ..... 25
3.5 Informelle Sicherheitshinweise ..... 25
3.6 Sicherheitshinweise ..... 26
3.6.1 Elektrische Sicherheit ..... 26
3.6.2 Mechanische Sicherheit ..... 27
3.6.2.1 Überdruck ..... 27
3.6.3 Brandschutz ..... 28
3.6.4 Thermische Sicherheit ..... 28
3.6.5 Chemische und biologische Sicherheit ..... 28
3.7 Sicherheitseinrichtungen ..... 29
3.7.1 Systemkontrolle ..... 29
3.8 Verhalten bei Gefahren und Unfällen ..... 29
3.9 Restrisiken ..... 30

## Inhaltsverzeichnis

**4 Lagerung und Transport ..... 31**
4.1 Abmessungen und Gewicht ..... 31
4.2 Lagerbedingungen ..... 31
4.3 Transporthinweise ..... 31
4.4 Verpackung ..... 32
4.5 Transportsicherungen ..... 33
4.6 Innerbetrieblicher Transport ..... 33
**5 Aufstellung und Anschluss ..... 34**
5.1 Aufstellort ..... 34
5.2 Energieversorgung ..... 34
5.2.1 Anschlussart ..... 34
5.2.2 Sicherungen bauseits ..... 34
5.3 Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter) ..... 35
5.4 Vakuummesssonde ..... 36
5.5 Bedienung der Beladetür ..... 37
5.6 Belüftungsventil ..... 38
5.7 Medienablaufventil ..... 39
5.8 Vakuumpumpe ..... 39
5.9 Drucksteuerventil ..... 40
5.10 Gummiventile ..... 41
**6 Betrieb ..... 42**
6.1 Erste Inbetriebnahme ..... 42
6.2 Installation von Zubehörkomponenten ..... 42
6.3 Vorbereitung ..... 42
6.4 Einschalten ..... 42
6.5 $LSC_{plus}$ Anlagensteuerung ..... 43
6.5.1 Bedienoberfläche ..... 43
6.5.1.1 Hauptfenster "Manuell" ..... 44
6.5.1.2 Hauptfenster "Programm" ..... 51
6.5.1.3 Hauptfenster "Optionen" ..... 52
6.5.1.4 Hauptfenster "?" ..... 63
6.5.2 Gefriertrocknung manuell ..... 64
6.5.2.1 Sollwerteingaben im manuellen Modus ..... 65
6.5.3 Gefriertrocknung mit Programmgeber $PGM_{plus}$ ..... 66
6.5.3.1 Programm erstellen ..... 70
6.5.3.2 Programm bearbeiten ..... 78
6.5.3.3 Programm kopieren ..... 79
6.5.3.4 Programm laden ..... 79
6.5.3.5 Programm löschen ..... 80
6.6 Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen ..... 81
6.7 Ausschalten ..... 82

**7 Störungen und Fehlersuche ..... 83**
7.1 Allgemeine Störungen ..... 83
7.1.1 Netzausfall ..... 84
7.1.2 Kein ausreichendes Vakuum ..... 85
7.1.2.1 Kleinflanschverbindungen ..... 85
7.1.2.2 Belüftungsventil, Medienablaufventil ..... 86
7.1.2.3 Drucksteuerventil ..... 86
7.1.2.4 Gummiventile ..... 86
7.1.2.5 Vakuummesssonde ..... 86
7.1.3 Eiskondensator- und Stellflächentemperatur ..... 87
7.2 Prozess- und Fehlermeldungen ..... 87
7.3 Kontakt im Servicefall ..... 88
**8 Wartung und Instandhaltung ..... 89**
8.1 Wartungsarbeiten ..... 89
8.1.1 Gefriertrocknungsanlage ..... 89
8.1.1.1 Eiskondensatorkammer ..... 90
8.1.1.2 Sonderausstattung: Türverschlussriegel aus Edelstahl an der Beladetür ..... 90
8.1.1.3 Belüftungsventil, Medienablaufventil ..... 91
8.1.1.4 Wärmetauscher (nur bei luftgekühlten Gefriertrocknungsanlagen) ..... 91
8.1.2 Vakuumpumpe ..... 92
8.1.3 Ölnebelabscheider (Auspufffilter) ..... 92
8.1.4 Vakuummesssonde ..... 93
8.1.5 Zubehör ..... 93
8.2 Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör ..... 94
8.3 Wartungsplan ..... 95
8.4 Instandhaltungsarbeiten ..... 97
8.4.1 Christ Wartungsvertrag ..... 98
8.5 Rücksendung defekter Teile ..... 98
**9 Entsorgung ..... 100**
9.1 Entsorgung der Gefriertrocknungsanlage ..... 100
9.2 Entsorgung der Verpackung ..... 100
**10 Technische Daten ..... 101**
10.1 Umgebungsbedingungen ..... 103
10.2 Technische Dokumentation ..... 103
**11 Anhang ..... 104**
11.1 Mathematische Zusammenhänge ..... 104
11.2 EG-Konformitätserklärung ..... 105
11.3 Spannungsriss- und Chemikalienbeständigkeit Plexiglas ..... 106
**12 Glossar ..... 127**
**13 Index ..... 129**

# 1 Allgemeine Informationen

## 1.1 Stellenwert der Betriebsanleitung

Grundvoraussetzung für den sicherheitsgerechten Umgang und den störungsfreien Betrieb dieses Geräts ist die Kenntnis der grundlegenden Sicherheits- und Gefahrenhinweise.

Die Betriebsanleitung enthält die wichtigsten Hinweise, um die Gefriertrocknungsanlage sicherheitsgerecht zu betreiben.

Diese Betriebsanleitung, insbesondere die Sicherheits- und Gefahrenhinweise, sind von allen Personen zu beachten, die mit diesem Gerät arbeiten.

Darüber hinaus sind die für den Einsatzort geltenden Regeln und Vorschriften zur Unfallverhütung zu beachten.

## 1.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

CHRIST Gefriertrocknungsanlagen werden ausschließlich zur Gefriertrocknung von festem oder flüssigem Ausgangsgut in Ampullen, Fläschchen, oder Schalen konzipiert und sind auch nur für diesen Verwendungszweck bestimmt.

Die Gefriertrocknungsanlage ist geeignet

- für die Gefriertrocknung von z. B. Bakterien und Viruskulturen, Blutplasma, Serumfraktionen, Antikörpern, Seren, Impfstoffen und pharmazeutischen Produkten
- für die Gefriertrocknung von z.B. Pflanzenextrakten für biochemische Untersuchungen
- für die Gefriertrocknung anorganischer Materialien, z.B. Nanopartikel
- für die Gefriertrocknung zahlreicher weiterer Produkte (weitere Informationen in der Broschüre "Gefriertrocknung mit System" unter www.martinchrist.de → [Applikationen])

Eine andere oder darüber hinaus gehende Verwendung gilt als nicht bestimmungsgemäß. Für hieraus entstehende Schäden haftet die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH nicht.

Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehört auch

- das Beachten aller Hinweise aus der Betriebsanleitung,
- die Einhaltung der Inspektions- und Wartungsarbeiten und
- Verbot von jeglichen An- und Umbauten am Gerät.

## 1.3 Gewährleistung und Haftung

Es gelten unsere "Allgemeinen Geschäftsbedingungen", die dem Betreiber seit Vertragsabschluss zur Verfügung stehen.

Gewährleistungs- und Haftungsansprüche sind ausgeschlossen, wenn sie auf eine oder mehrere der folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch
- Nichtbeachten der Sicherheits- und Gefahrenhinweise in der Betriebsanleitung
- unsachgemäßes Inbetriebnehmen, Bedienen und Warten der Gefriertrocknungsanlage.

## 1.4 Urheberrecht

Das Urheberrecht an dieser Betriebsanleitung verbleibt bei der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH.

Diese Betriebsanleitung ist nur für den Betreiber und dessen Personal bestimmt. Sie enthält Vorschriften und Hinweise, die weder vollständig noch teilweise

- vervielfältigt,
- verbreitet oder
- anderweitig mitgeteilt werden dürfen.

Zuwiderhandlungen können strafrechtliche Folgen nach sich ziehen.

## 1.5 Zeichenerklärung

In dieser Betriebsanleitung werden Fachbegriffe, die im Glossar (siehe Kap. 12) erläutert werden, durch einen vorangestellten Pfeil gekennzeichnet und kursiv dargestellt (z.B. → *Sublimation*).

## 1.6 Normen und Vorschriften

EG-Konformitätserklärung (s. Kap. 11.2 - "**EG-Konformitätserklärung**")

## 1.7 Lieferumfang

**Zum Lieferumfang gehören:**

- 1 Tube Hochvakuumfett
- 1 Liter Vakuumpumpenöl (nur bei mitgelieferter Pumpe)
- 1 Satz Flanschbauteile und Kleinmaterial für Wartungszwecke
- 1 Ablaufschlauch 0,5 m (Silikon 8 x 12 mm)
- 1 Betriebsanleitung

Bei Sonderausstattung mit einem Türverschlussriegel aus Edelstahl an der Beladetür:

- 1 Gleitauflage für Türverschlussriegel
  (Best.-Nr. 177270, Kapitel 8.1.1.2 - "**Sonderausstattung: Türverschlussriegel aus Edelstahl an der** Beladetür")

**Zubehör und Inbetriebnahme**

gemäß Ihrer Bestellung, unserer Auftragsbestätigung und unserem Lieferschein.

# 2 Aufbau und Wirkungsweise

## 2.1 Aufbau der Gefriertrocknungsanlage

### 2.1.1 Funktions- und Bedienelemente

1 Option: Verschlussvorrichtung
2 Anlagensteuerung
3 Trocknungskammer mit Beladetür
4 Vakuumpumpe

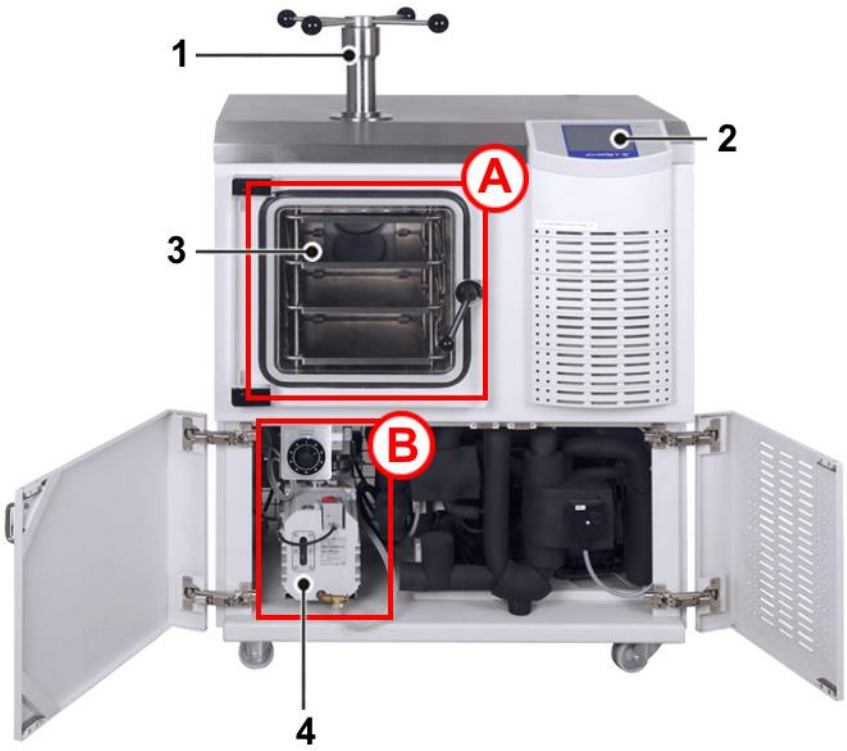



*Abb. 1:*
*Front der Gefriertrocknungsanlage*

5 Anschlüsse für Produktsensoren
6 Anschluss Zwischenventil
7 Zwischenventil
8 Stellflächen

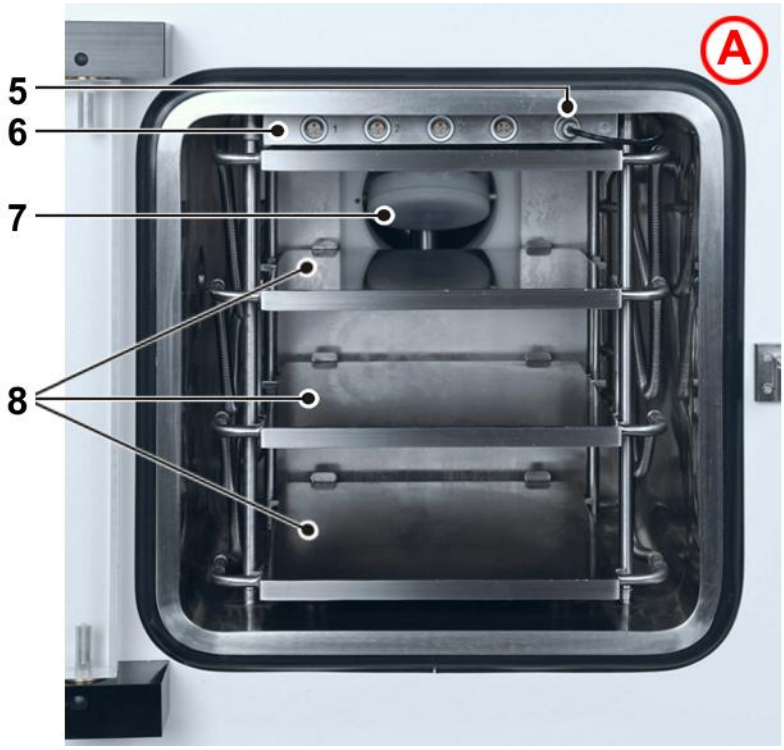



*Abb. 2:*
*Detailansicht A - Trocknungskammer*

9 Option: Feinregel-Nadelventil für Luftinjektion
10 Drucksteuerventil

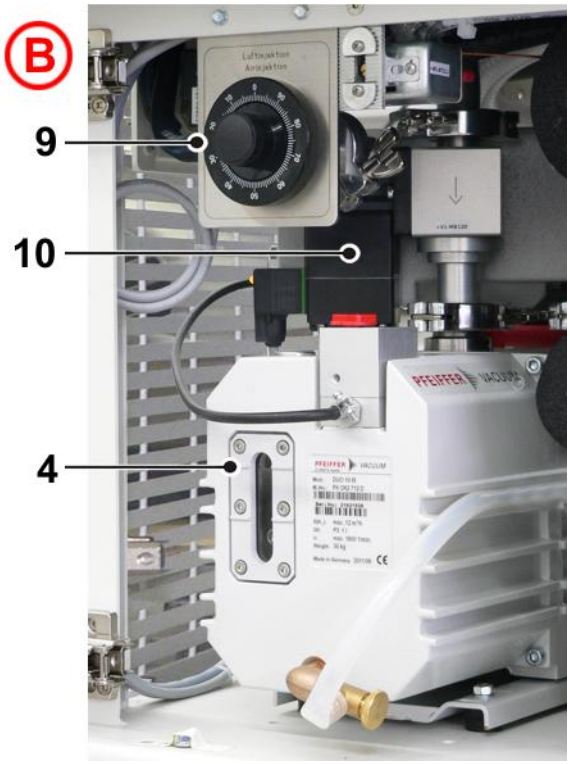



*Abb. 3:*
*Detailansicht B - Vakuumpumpe*

11 Netzschalter
12 Lenkrollen

*Abb. 4:*
*rechte Seite der Gefriertrocknungsanlage*

13 Schauglas Eiskondensator
14 Belüftungsventil
15 Vakuummesssonde (hinter der Seitenverkleidung
16 Zugangsflansch DN40 (z.B. für Wägeeinrichtung, hinter der Seitenverkleidung)
17 Medienablaufventil
18 Bockrollen

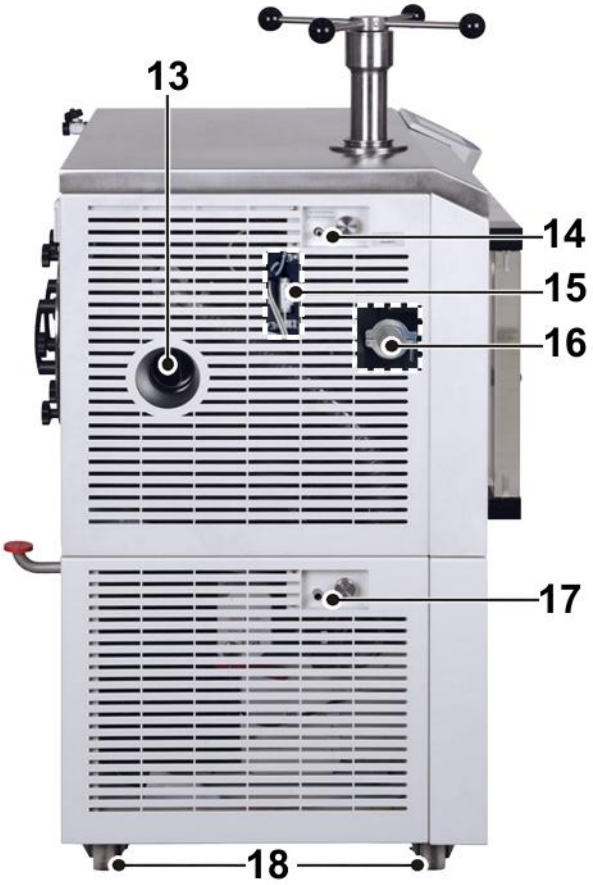



*Abb. 5:*
*linke Seite der Gefriertrocknungsanlage*

**Gefriertrocknungsanlage mit Luftkühlung:**

19 Schauglas für Wärmeträgerflüssigkeit
20 Einfüllstutzen für Wärmeträgerflüssigkeit
21 Typenschild
22 Hauptschalter
23 Ethernet-Anschluss
24 Wärmetauscher der Solekühlung (hinter der Verkleidung)
25 Netzkabel
26 Wärmetauscher des Einkondensators (hinter der Verkleidung)
27 Option: Zugangsflansch
28 Vakuumflansch

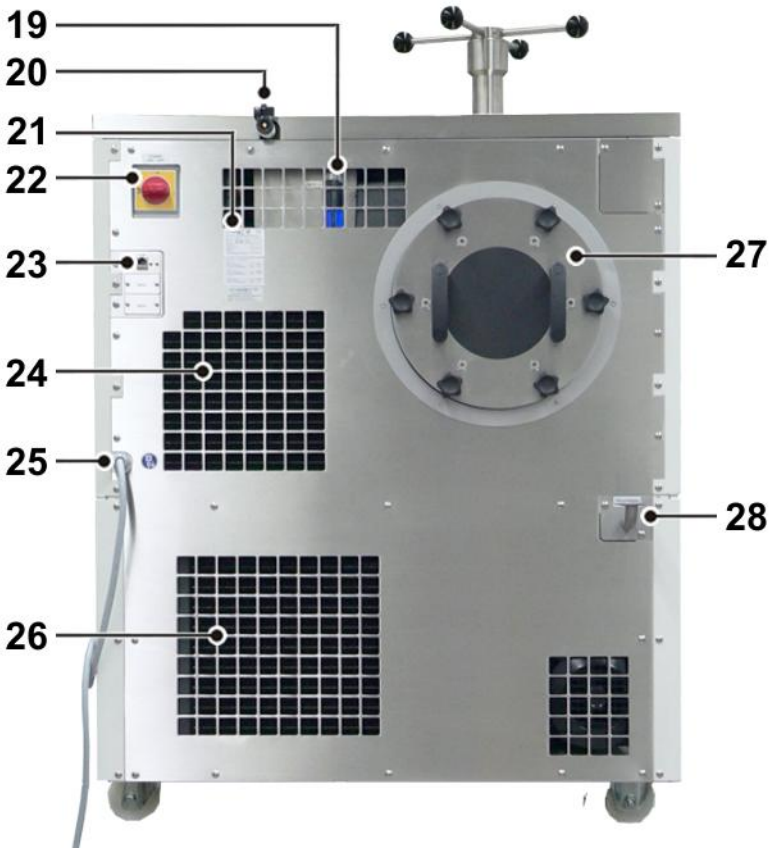



*Abb. 6:*
*Rückseite einer luftgekühlten Gefriertrocknungsanlage*

## Gefriertrocknungsanlage mit Wasserkühlung:

29 Kühlwasseranschlüsse (siehe Detailbild)

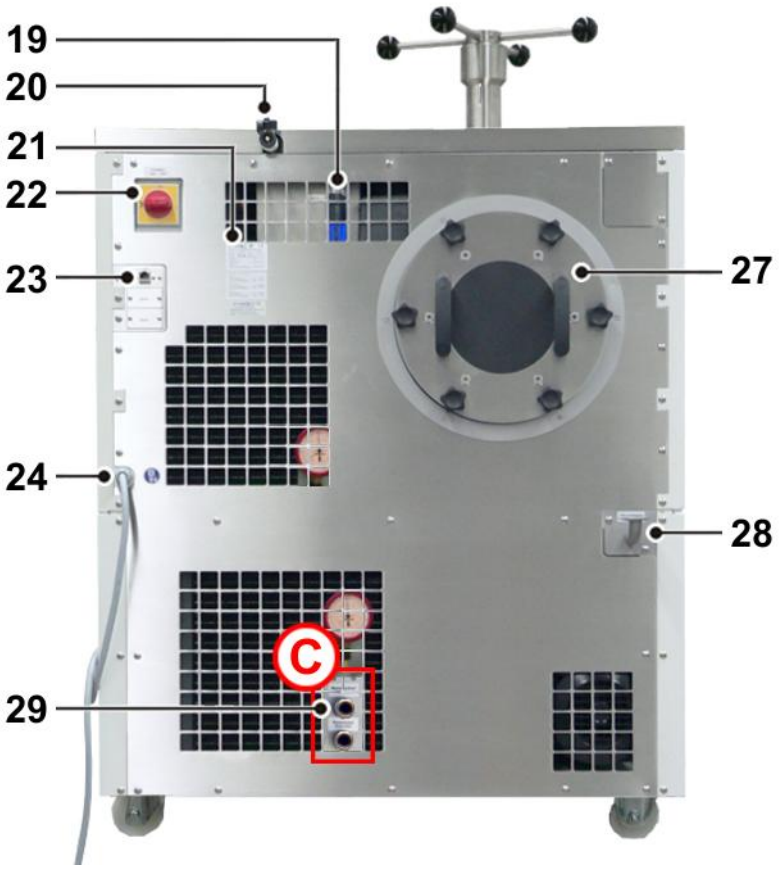



*Abb. 7:*
*Rückseite einer wassergekühlten Gefriertrocknungsanlage*

30 Anschluss für Kühlwasser-rücklauf

31 Anschluss für Kühlwasser-zulauf

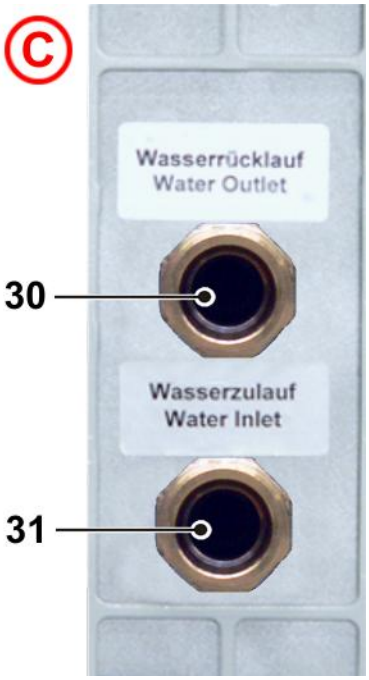



*Abb. 8:*
*Detailansicht C - Kühlwasseranschlüsse*

## 2.1.2 Typenschild

1 Hersteller
2 Firmensitz
3 Gerätetyp
4 Fabriknummer (Seriennummer)
5 Nennleistung
6 Nennspannung
7 Nennstrom
8 Funkentstörungsgrad
9 Kältemitteldaten KM 1, 1. Stufe
10 Kältemitteldaten KM 1, 2. Stufe
11 Kältemitteldaten KM 2
12 Artikelnummer
13 Baujahr (Monat/Jahr)
14 Ursprungsland

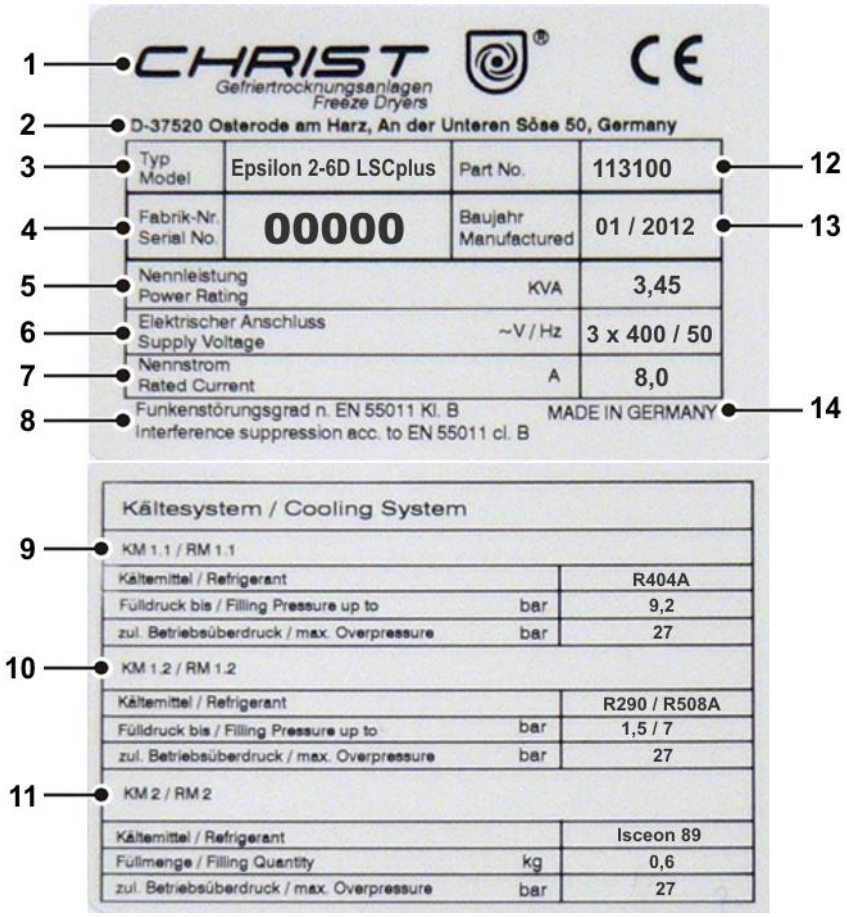



*Abb. 9: Typenschild (Beispiel, Abb. vergrößert)*

## 2.2 Wirkungsweise

### 2.2.1 Gefriertrocknung allgemein

**Was ist Gefriertrocknung?**

Die Gefriertrocknung oder Lyophilisation ist ein Verfahren zur schonenden Trocknung hochwertiger Produkte. Die Trocknung erfolgt unter Umgehung des flüssigen Aggregatzustands durch → *Sublimation.*

**In welchen Bereichen wird die Gefriertrocknung angewendet?**

Lebensmittel sind die mengenmäßig bedeutendste Anwendung für Gefriertrocknung. Ein bekanntes Beispiel ist die Herstellung von Kaffee-Granulat oder die Trocknung von Früchten, z.B. für Müsli. Andere Anwendungsbeispiele sind die Restauration von wassergeschädigten Dokumenten oder die Trocknung archäologischer Funde.

Ein weiterer großer Einsatzbereich ist die Trocknung von Produkten der Biotechnologie und Pharmazie wie z.B. Gewebe und Gewebebestandteile, Bakterien, Impfstoffe und Seren. Produkte, die in Wasser gelöst nicht lange haltbar wären, werden durch die Gefriertrocknung konserviert. Dabei bleiben die biologischen Eigenschaften der empfindlichen Substanzen erhalten. Die Verbindungen bleiben qualitativ und quantitativ unverändert. Nach Hinzufügen von Wasser weisen die Produkte die Eigenschaften des Ausgangsgutes unverändert auf.

**Wie funktioniert Gefriertrocknung?**

Die Gefriertrocknung ist ein sehr schonendes Verfahren, bei dem einem Produkt das Wasser im gefrorenen Zustand entzogen wird. Die Trocknung erfolgt durch → *Sublimation*, d.h. durch den unmittelbaren Übergang eines Stoffes vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand. Dies geschieht unter Vakuum.

Im Folgenden wird die → *Sublimation* am Beispiel von Wasser erläutert, da die meisten Produkte in der Gefriertrocknung wässrige Lösungen sind, deren Verhalten auf den gleichen Grundsätzen basiert.

Die Dampfdruckkurve über Eis beschreibt den Phasenübergang in Abhängigkeit von Druck und Temperatur. Je höher die Temperatur, desto höher ist auch der Dampfdruck.

- Ist der Dampfdruck höher als 6,11 mbar (A), durchläuft Wasser bei einer Temperaturveränderung alle drei Aggregatzustände: fest, flüssig und gasförmig (siehe Abbildung).
- Beträgt der Dampfdruck genau 6,11 mbar und die Temperatur 0,0098°C, treffen Dampfdruckkurve, Schmelzdruckkurve und Sublimationsdruckkurve im sogenannten Tripelpunkt zusammen. In diesem Punkt treten alle Zustände gleichzeitig auf.
- Liegt der Dampfdruck unterhalb von 6,11 mbar (B) und es wird Energie zugeführt, geht Eis bei Erreichen der Sublimationskurve direkt in Wasserdampf über. Diesen Übergang bezeichnet man als → *Sublimation*. Wird reinem Eis mit einer Temperatur unter –30°C bei einem Druck von 0,37 mbar Wärmeenergie zugeführt, geht es bei Erreichen von –30°C in Wasserdampf über (siehe folgende Abbildung).

Ein Vakuum verhindert also das Schmelzen des Eises bei der Zufuhr von Energie. Wird einem eingefrorenen Produkt unter Vakuum Wärmeenergie zugeführt, wird auch hier das Auftauen des Produktes verhindert und der enthaltene Wasseranteil als Wasserdampf freigesetzt.

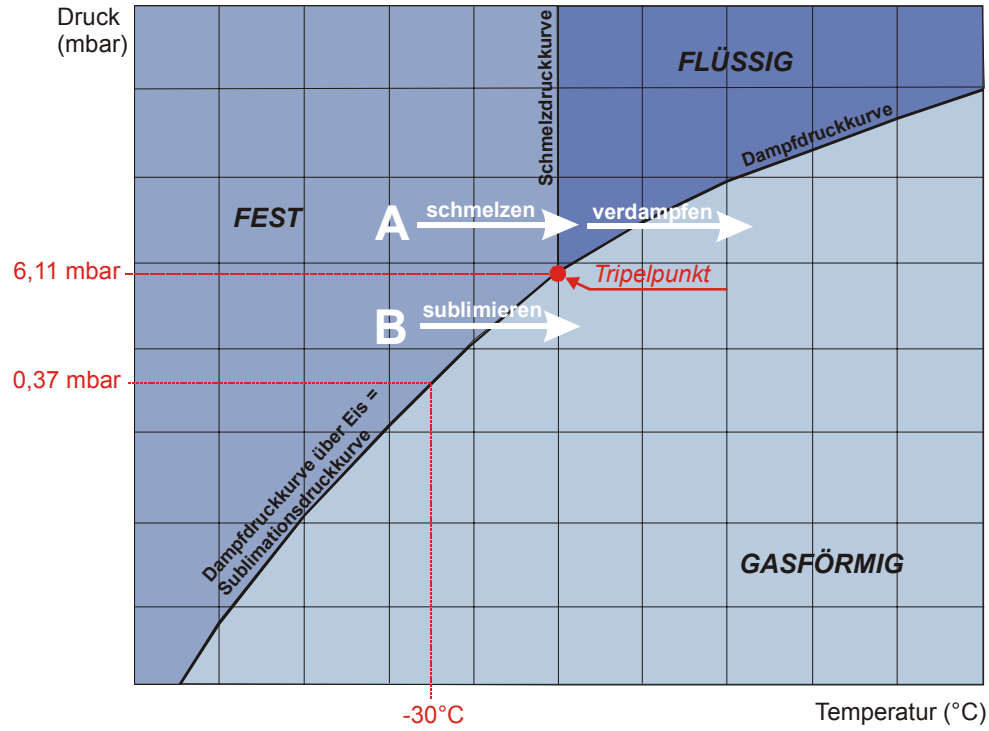



*Abb. 10 Dampfdruckkurve über Eis*

Aus physikalischer Sicht erfolgt die Gefriertrocknung in drei Phasen (siehe folgende Abbildung):

(1) Gefrieren: Das zu trocknende Produkt wird zunächst unter Atmosphärendruck eingefroren. Dies kann entweder direkt in der Gefriertrocknungsanlage oder in einem separaten Gefrierschrank erfolgen. Die Einfriertemperatur sollte ca. 10°C unter dem Erstarrungspunkt des Produktes liegen.

(2) Evakuieren: Ist das Produkt tief genug eingefroren, wird die Vakuumpumpe zugeschaltet. Der Druck in der Trocknungskammer wird gemäß Dampfdruckkurve über Eis auf den der Einfriertemperatur entsprechenden Wert gesenkt.

(3) Sublimieren: Dem Produkt wird Wärmeenergie zugeführt. Der Sublimationsprozess wird in Gang gesetzt. Durch die zugeführte Energie geht der Wasseranteil im Produkt in Wasserdampf über. Da der Eiskondensator sehr viel kälter ist als das zu trocknende Gut, ist der Dampfdruck dort deutlich geringer als über dem Produkt. Der aus dem Produkt austretende Wasserdampf strömt daher zum Eiskondensator, wo er sich an den Kondensatorschlangen niederschlägt.

Sobald dem Produkt während der Haupttrocknungsphase das freie Wasser entzogen wurde, wird unter möglichst niedrigem Enddruck und höheren Temperaturen auch noch das in Spuren enthaltene gebundene Wasser entfernt. Dies geschieht durch → *Desorption*. Diese Trocknungsphase wird als Nachtrocknung bezeichnet.

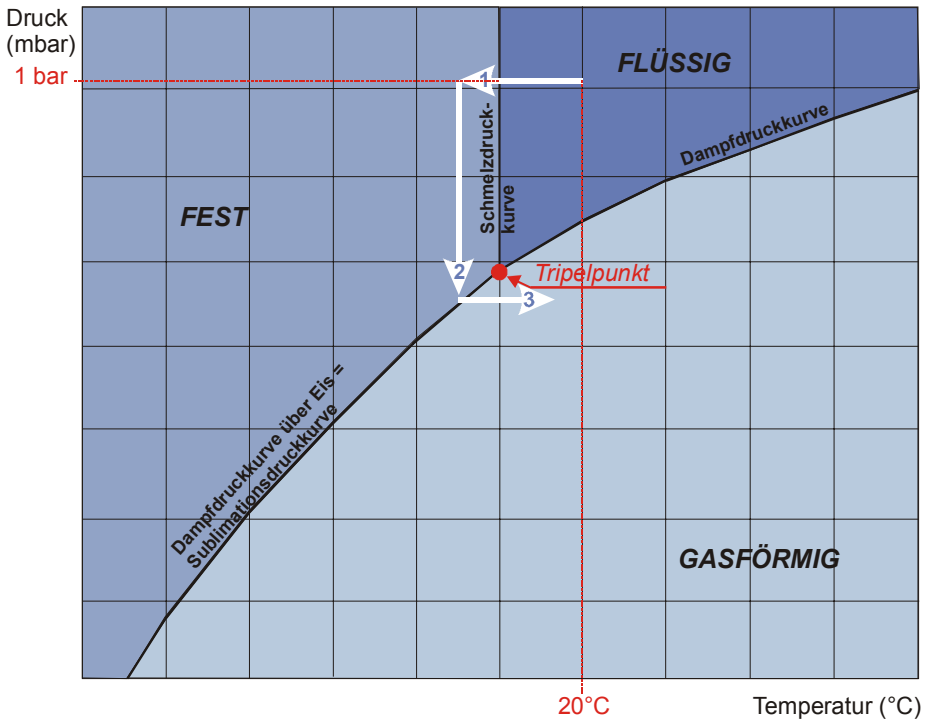



*Abb. 11: Phasen der Gefriertrocknung*

**HINWEIS**

Weitere Informationen zu Grundlagen, optimierter Prozessführung und Anwendungen enthält die Broschüre "Gefriertrocknung mit System", die als Download unter www.martinchrist.de → [Applikationen] verfügbar ist.

### 2.2.2 Ablauf eines Gefriertrocknungsprozesses

Die Grundkomponenten einer Gefriertrocknungsanlage sind:

- Vakuum-Trocknungskammer mit Temperiereinrichtung zum Zuführen von Wärmeenergie
- Vakuumpumpe zur Erzeugung eines Vakuums in der Trocknungskammer
- Eiskondensator zum Binden des aus dem Produkt ausgetretenen Wasserdampfs

#### 2.2.2.1 Vorbereitung

Die Eiskondensatorkammer muss sauber und trocken sein. Wasserrückstände vom vorhergehenden Trocknungsprozess müssen entfernt werden.

Medienablaufventil und Belüftungsventil müssen geschlossen sein.

Bei Anlagen, die mit dem Drucksteuerventil ausgerüstet sind (Standard bei $LSC_{plus}$ Anlagen), sollte die Vakuumpumpe eine Warmlaufphase ("Warm-up") von mind. 15 Minuten vor dem Beginn der Haupttrocknung durchlaufen. Die Vakuumpumpe wird dann erst mit kondensierbaren Gasen belastet, wenn die Betriebstemperatur erreicht ist. So kann ihre Lebensdauer verlängert werden.

Gleichzeitig wird der Eiskondensator vorgekühlt ("Cool down"). Die Eiskondensatortemperatur hat keinen Einfluss auf die Produkttemperatur; der Eiskondensator dient ausschließlich zum Binden des freigesetzten Wasserdampfs.

### 2.2.2.2 Gefrieren

Das zu trocknende Produkt wird zunächst eingefroren. Dies kann entweder direkt in der Gefriertrocknungsanlage oder in einem separaten Gefrierschrank erfolgen. Besonders bei geringen Füllmengen ist es zweckmäßig, die Stellflächen ebenfalls vorzukühlen, um ein Antauen während der Evakuierung zu vermeiden.

Man unterscheidet zwei grundsätzlich verschiedene Strukturen der gefrorenen Materialien:

- kristalline Strukturen mit eindeutig abgrenzbaren Eiskristallen
- amorphe Strukturen, bei der keinerlei Kristallgrenzen vorhanden sind (z.B. Glas)

Der überwiegende Teil der zu trocknenden Produkte entspricht der kristallinen Form.

Beim Einfrieren solcher Produkte ist zu beachten, dass zu tiefes und zu schnelles Einfrieren zu kleineren Eiskristallen führt, die sich negativ auf die Dauer des Trocknungsprozess auswirken.

Für jedes zu trocknende Produkt muss vorher der Erstarrungspunkt bestimmt werden. An diesem Punkt ist das im Produkt enthaltene Wasser vollständig kristallisiert. Für einen optimalen Ablauf der Gefriertrocknung sollte die Produkttemperatur ca. 10°C unter dem Erstarrungspunkt liegen.

Eine Schichtstärke des Produktes von 1 - 2 cm sollte nicht überschritten werden, da sonst die Trocknungsdauer ungünstig beeinflusst wird. Sollen Flüssigkeiten in einer Schicht von größer als 1 cm in Flaschen getrocknet werden, ist das Einfrieren mit einer Shell- oder Spin-Freezing-Vorrichtung in einem Kühlbad (siehe Abbildung) empfehlenswert. Durch die Zentrifugalkraft steigt die einzufrierende Flüssigkeit am Innenmantel der Flasche hoch und friert fest. Durch dieses Verfahren wird die Schichtstärke reduziert und damit die Gesamttrocknungszeit wesentlich verkürzt (Abbildungen rechts).

*Abb. 13: Kühlbad mit Spin-Freezing Vorrichtung*

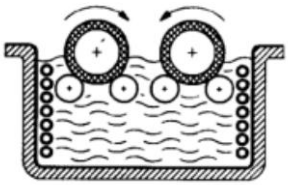


*Abb. 12: Schema Shell-Freezing*

*Abb. 14: Schema Spin-Freezing*

**HINWEIS**

Bei lösungsmittelhaltigem Ausgangsgut oder einem Produkt mit hoher Salzkonzentration kann ein Auftauen während des Trocknungsprozesses möglich sein, erkennbar an einem deutlich zu beobachtenden Aufschäumen. Um dies zu verhindern ist es erforderlich, das Produkt vor dem Einsetzen in die Anlage möglichst tief einzufrieren, z.B. in Flüssig-Stickstoff.

### 2.2.2.3 Haupttrocknung

Ist das Produkt tief genug eingefroren, wird die Haupttrocknung gestartet. Die Vakuumpumpe wird zugeschaltet. Der Druck in der Trocknungskammer wird gemäß Dampfdruckkurve über Eis auf den der Einfriertemperatur entsprechenden Wert gesenkt. Gleichzeitig wird dem Produkt Wärmeenergie zugeführt. Dies geschieht bei der Trocknung in Rundkolben, Weithalsflaschen, etc. durch die sehr viel wärmere Umgebung (direkte Kontaktwärme), bei unbeheizten Stellflächen durch Wärmeeinstrahlung aus der Umgebung und bei temperierbaren Stellflächen direkt durch die Stellflächen. Der Sublimationsprozess wird in Gang gesetzt.

Zu Beginn der Trocknung wird die maximale Trocknungsgeschwindigkeit erreicht. Je weiter sich die Sublimationsebene in das Produkt zurückzieht, desto weiter muss der anfallende Wasserdampf durch die bereits getrockneten Schichten geführt werden.

Unter Umständen ist es möglich, dass während der Haupttrocknung das Vakuum in der Eiskondensatorkammer bzw. in der Trocknungskammer ansteigt (z. B. von 0,63mbar auf 0,47mbar), obwohl das Ventil zur Vakuumpumpe geschlossen ist. Dies ist physikalisch auf die Pumpwirkung des Eiskondensators zurückzuführen ("Cryo-Pumping-Effect").

Die benötigte Trocknungszeit ist sehr stark vom Trocknungsvakuum abhängig. Ein Gramm Eis nimmt bei 1,0 mbar ein Volumen von 1 $m^3$ Dampf ein, bei 0,1 mbar ein Volumen von 10 $m^3$ Dampf, bei 0,001 mbar aber ein Volumen von 100 $m^3$. Je näher das Vakuum dem Erstarrungspunkt ist, desto geringer ist das anfallende Dampfvolumen. Die Sublimationsgeschwindigkeit erhöht sich, und die Trocknungszeit wird verkürzt.

Das Ende der Haupttrocknungsphase ist erreicht, wenn Produkttemperatur und Stellflächentemperatur annähernd gleich sind. Die Temperaturdifferenz zwischen Stellfläche und Produkt sollte ca. 3K bis 5K betragen.

### 2.2.2.4 Nachtrocknung

Die Nachtrocknung ist eine Option, die immer dann verwendet wird, wenn man ein Produkt mit minimaler Restfeuchte erhalten will. Es handelt sich im physikalischen Sinn um eine → *Desorption*, d.h. die Entfernung adsorptiv gebundenen Wassers. Die Nachtrocknung wird unter tiefstmöglichem Enddruck durchgeführt, der von der Eiskondensatortemperatur entsprechend der Dampfdruckkurve über Eis und von dem Endvakuum der eingesetzten Vakuumpumpe abhängt. Der Prozess wird unterstützt durch eine höhere Stellflächentemperatur.

### 2.2.2.5 Trocknungsende und Belüften

Das Trocknungsende ist erreicht, wenn Produkt- und Stellflächentemperatur deutlich im positiven Bereich sind (+15 bis + 20°C) und nicht mehr als 5K voneinander abweichen.

Ein weiteres Indiz für das Erreichen des Trocknungsendes ist aus dem Verhalten des Vakuums und der Eiskondensatortemperatur abzuleiten. Der Eiskondensator wird nicht mehr belastet und erreicht die Endtemperatur von ca. -55°C bzw. -85°C. Der Druck in der Trocknungskammer sinkt entsprechend der Eiskondensatortemperatur.

Die Vakuumpumpe wird abgeschaltet und die Trocknungskammer über ein Gummiventil oder das Belüftungsventil belüftet. Die Anlage kann über das Belüftungsventil statt mit Umgebungsluft auch mit Stickstoff oder einem anderen Inertgas belüftet werden.

Anschließend kann das Produkt entnommen werden.

### 2.2.2.6 Abtauen

**Abtauen mit Heißgas**

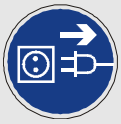
Die Gefriertrocknungsanlage ist standardmäßig mit einer Heißgasabtauung ausgerüstet. Zum Abtauen des Eiskondensators wird erwärmtes Kältemittel durch die Wendelung geleitet. Zusätzlich wird der Boden der Eiskondensatorkammer über eine Heizmanschette erwärmt.

Um Schäden zu vermeiden, muss das Kondensat sofort nach Ende des Abtauvorgangs über das Medienablaufventil abgelassen werden. Anschließend werden letzte Wasserrückstände mit einem Tuch aus der Eiskondensatorkammer entfernt.

# 3 Sicherheit

## 3.1 Beschilderung des Geräts

An CHRIST Gefriertrocknungsanlagen werden folgende Symbole verwendet:

| | |
|---|---|
| | Gefährliche elektrische Spannung<br>Dangerous voltage<br>Courant haute tension |
| | Achtung, Betriebsanleitung lesen<br>Attention, consult the instruction manual<br>Attention, consulter le mode d'emploi |
| I | Ein (Netzverbindung)<br>On (Power)<br>Marche (mise sous tension) |
| 0 | Aus (Netzverbindung)<br>Off (Power)<br>Arrêt (mise hors tension) |
| | Schutzleiteranschluss<br>Protective earth (ground)<br>Raccord à la terre |
| | Erde<br>Earth (ground)<br>Terre |
|  | Netzstecker ziehen<br>Unplug the mains plug<br>Débrancher la prise |
| | Vorsicht Quetschgefahr<br>Caution! Risk of bruising<br>Attention ! Risque de blessure |
| | Drehrichtungspfeil<br>Arrow indicating the direction of rotation<br>Flèche de sens de rotation |
| | Heiße Oberfläche<br>Hot surface<br>Surface chaude |
| | CE-Zeichen gemäß Richtlinie 2006/42/EG<br>CE mark in compliance with the directive 2006/42/EC<br>Symbole CE conforme à la directive 2006/42/CE |

## 3.2 Symbol- und Hinweiserklärungen

In der Betriebsanleitung werden folgende Benennungen und Zeichen für Gefährdungen verwendet:

**GEFAHR**

Dieses Symbol bedeutet eine **unmittelbare** drohende Gefahr für das Leben und die Gesundheit von Personen.

Das Nichtbeachten dieser Hinweise **hat** schwere gesundheitsschädliche Auswirkungen zur Folge, bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen.

**GEFAHR**

Dieses Symbol bedeutet eine **unmittelbare** drohende Gefahr durch elektrische Spannung für das Leben und die Gesundheit von Personen.

Das Nichtbeachten dieser Hinweise **hat** schwere gesundheitsschädliche Auswirkungen zur Folge, bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen.

**WARNUNG**

Dieses Symbol bedeutet eine **mögliche** drohende Gefahr für das Leben und die Gesundheit von Personen.

Das Nichtbeachten dieser Hinweise **kann** schwere gesundheitsschädliche Auswirkungen zur Folge haben, bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen.

**VORSICHT**

Dieses Symbol bedeutet eine mögliche gefährliche Situation.

Das Nichtbeachten dieser Hinweise kann leichte Verletzungen zur Folge haben oder zu Sachbeschädigungen führen.

**HINWEIS**

Dieses Symbol deutet auf wichtige Sachverhalte hin.

## 3.3 Verantwortung des Betreibers

Der Betreiber verpflichtet sich, nur geeignetes Personal an der Gefriertrocknungsanlage arbeiten zu lassen (s. Kap. 3.4 - "**Bedienpersonal**").

Die Zuständigkeiten des Personals für das Bedienen, Warten und Instandhalten sind klar festzulegen.

Das sicherheitsbewusste Arbeiten des Personals unter Beachtung der Betriebsanleitung und die Einhaltung der EG-Richtlinien zum Arbeitsschutz, nationaler Gesetze zum Arbeitsschutz und der Unfallverhütungsvorschriften muss in regelmäßigen Abständen (z.B. monatlich) überprüft werden.

Die Anlage ist regelmäßig zu warten (s. Kap. 8 - "**Wartung und Instandhaltung**").

Anlagenteile in nicht einwandfreiem Zustand sind sofort auszutauschen.

## 3.4 Bedienpersonal

Die Anlage darf nur bedienen, wer

- mit den grundlegenden Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung vertraut ist.
- diese Betriebsanleitung (insbesondere die Sicherheitskapitel und die Warnhinweise) gelesen und verstanden und dies durch seine Unterschrift bestätigt hat.

## 3.5 Informelle Sicherheitshinweise

Die Betriebsanleitung ist Teil des Produktes.

- Die Betriebsanleitung ist ständig am Standort der Gefriertrocknungs-anlage aufzubewahren und muss jederzeit einsehbar sein.
- Die Betriebsanleitung muss an jeden nachfolgenden Besitzer oder Benutzer der Gefriertrocknungsanlage weitergegeben werden.
- Jede erhaltene Änderung ist zu ergänzen.
- Ergänzend zur Betriebsanleitung sind die allgemeingültigen sowie die betrieblichen Regelungen zur Unfallverhütung und zum Umweltschutz bereitzustellen.
- Alle Sicherheits- und Gefahrenhinweise an der Gefriertrocknungsanlage sind in lesbarem Zustand zu halten und ggf. zu erneuern.

## 3.6 Sicherheitshinweise

Die nachfolgenden Hinweise sind vor jeder Trocknung zu beachten:

**WARNUNG**

- Ordnungsgemäße Aufstellung und korrekten Anschluss der Gefriertrocknungsanlage überprüfen (s. Kap. 5 - "**Aufstellung und Anschluss**").
- Grundsätzlich einen Sicherheitsbereich von mindestens 30 cm im Umkreis um die Gefriertrocknungsanlage freihalten.
- Niemals Gefahrenstoffe jeglicher Art im Sicherheitsbereich der Gefriertrocknungsanlage lagern.
- Nicht länger als für den Betrieb notwendig im Sicherheitsbereich der Gefriertrocknungsanlage aufhalten.
- Nur vom Hersteller zugelassene Zubehörteile verwenden (mit Ausnahme handelsüblicher Gefäße aus Glas oder Kunststoff). Keine minderwertige Handelsware benutzen! Glasbruch oder platzende Gefäße führen während des Betriebs zu gefährlichen Situationen.
- Hinweise zum Einsatz des Zubehörs beachten (siehe separate Zubehöranleitung).

### 3.6.1 Elektrische Sicherheit

CHRIST Gefriertrocknungsanlagen sind Geräte der Schutzklasse I. Um die Wirksamkeit der Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten, sind folgende Punkte zu beachten:

**GEFAHR**

- Die örtliche Versorgungsspannung muss mit der Spannung übereinstimmen, die auf dem Typenschild der Gefriertrocknungsanlage angegeben ist.
- Kein potentiell gefährliches Material wie z.B. Glasgefäße mit Flüssigkeiten in den Sicherheitsbereich von 30 cm um die Gefriertrocknungsanlage stellen. Verschüttete Flüssigkeiten können in das Gerät eindringen und elektrische oder mechanische Bauteile beschädigen.
- Arbeiten an der elektrischen Versorgung nur von einer Elektrofachkraft durchführen lassen.
- Die elektrische Ausrüstung des Geräts regelmäßig überprüfen. Mängel wie lose Verbindungen bzw. beschädigte Kabel müssen sofort beseitigt werden.

### 3.6.2 Mechanische Sicherheit

Um einen sicheren Betrieb der Gefriertrocknungsanlage zu gewährleisten, sind folgende Maßnahmen zu beachten:

**WARNUNG**

- Der Betrieb der nicht fachgerecht installierten Gefriertrocknungsanlage ist zu unterlassen.
- Gefriertrocknungsanlage niemals mit abgenommener Verkleidung betreiben.
- Gefriertrocknungsanlage niemals mit Zubehör betreiben, das Beschädigungen aufweist.
- Nur vom Hersteller zugelassenes Zubehör verwenden. Im Zweifelsfall Rücksprache mit dem Hersteller halten (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**").
- Das Anstoßen oder Bewegen der Gefriertrocknungsanlage während des Betriebes ist verboten.
- Das Anlehnen an oder Abstützen auf der Gefriertrocknungsanlage während des Betriebes ist verboten.
- Gefriertrocknungsanlage und Zubehör vor jeder Inbetriebnahme auf äußerlich erkennbare Schäden überprüfen.
- Keine Substanzen trocknen, die das Material der Eiskondensator-kammer, der Trocknungskammer, des Deckels oder des Zubehörs in irgendeiner Weise beschädigen können, zum Beispiel stark korrodierende Substanzen wie Salzsäure (HCl).
- Gefriertrocknungsanlage bei Funktionsstörungen sofort außer Betrieb nehmen. Störungen beseitigen (s. Kap. 7 - "**Störungen und Fehlersuche**") oder ggf. den Service der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH informieren (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**").
- Reparaturen nur von autorisiertem Fachpersonal durchführen lassen.

#### 3.6.2.1 Überdruck

**GEFAHR**

Die Doppelkammer ist für Vakuum ausgelegt. Sie ist kein Druckgefäß!

Um zu verhindern, dass sich ein gefährlicher Überdruck aufbauen kann, muss bei der Belüftung mit Gasen unter Überdruck bauseits eine Schutzvorrichtung installiert werden.

Nichtbeachtung hat schwere bis lebensgefährliche Verletzungen beim Bersten der Kammer zur Folge!

### 3.6.3 Brandschutz

Bestimmte elektrische Kreisläufe der Gefriertrocknungsanlage sind durch Sicherungen gegen Überlaststrom geschützt.

**GEFAHR**

- Immer Sicherungen desselben Typs und derselben Stärke verwenden.
- Das Trocknen von explosiven oder brennbaren Substanzen ist verboten.
- Gefriertrocknungsanlage keinesfalls in explosionsgefährdeter Atmosphäre betreiben.

### 3.6.4 Thermische Sicherheit

Während des Betriebes der Gefriertrocknungsanlage kann der Eiskondensator je nach Leistung Oberflächentemperaturen von –85°C erreichen.

**GEFAHR**

- Beim Einsetzen oder Herausnehmen von Zubehör geeignete Schutzhandschuhe tragen. Auf keinen Fall ungeschützt in die kalte Eiskondensatorkammer fassen - Gliedmaßen können festfrieren!

### 3.6.5 Chemische und biologische Sicherheit

Wenn infektiöse, toxische, pathogene oder radioaktive Substanzen getrocknet werden sollen, ist der Benutzer dafür verantwortlich, dass alle zutreffenden Sicherheitsvorschriften, Richtlinien, Vorsichts- und Sicherheitsmaßnahmen eingehalten werden.

**GEFAHR**

- Infektiöse, toxische, pathogene und radioaktive Substanzen dürfen nur in dafür geeigneten Gefäßen getrocknet werden. Zum eigenen Schutz unbedingt entsprechende Vorsichtsmaßnahmen einhalten!
- Ausgangsgut mit z. B. hoher Lösungsmittelkonzentration oder säurehaltiges Gut nicht ohne besondere Schutzmaßnahmen und apparative Vorkehrungen trocknen (z.B. zusätzliche Kühlfalle zum Schutz der Vakuumpumpe). Unbedingt Rücksprache mit dem Hersteller halten (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**").
- Besondere Vorsicht ist bei der Handhabung mit Aziden geboten, da sich in Verbindung mit Kupfer oder Buntmetallen ein gefährlicher Sprengstoff bildet! Unbedingt Rücksprache mit dem Hersteller halten (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**").

**WARNUNG**

- Örtliche Maßnahmen zur Eindämmung schädlicher Emissionen unbedingt beachten (abhängig von den zu trocknenden Substanzen).
- Als Schutzkleidung sind zum Betrieb der Gefriertrocknungsanlage Sicherheitshandschuhe erforderlich. Möglicherweise erfordert das zu trocknende Material weitere Sicherheitsmaßnahmen (z.B. das Trocknen von infektiösen, toxischen, radioaktiven oder pathogenen Substanzen).

## 3.7 Sicherheitseinrichtungen

### 3.7.1 Systemkontrolle

Eine interne Systemkontrolle überwacht den Datenverkehr und die Sensorsignale auf Plausibilität. Das System führt kontinuierlich eine Selbstüberwachung durch und erkennt Störungen. Fehlermeldungen können im Hauptfenster unter "Prozess & Anlagenmeldungen" eingesehen werden (Kapitel 6.5.1.1 - "**Hauptfenster "Manuell""**, Kapitel 7.2 - "**Prozess- und Fehlermeldungen**").

## 3.8 Verhalten bei Gefahren und Unfällen

**GEFAHR**

**Feuer:**

- Brand in der elektrischen Steuerung mit $CO_2$-Löscher löschen!
- Brennendes Öl mit CO2-Löscher oder Pulverlöscher löschen!

**Elektrischer Störfall:**

- Hauptschalter und Netzschalter der Anlagensteuerung auf "OFF" bzw. "0" stellen, um die Spannungsversorgung komplett zu unterbrechen.

**Verletzungen durch unter hohem Druck austretende Flüssigkeiten (z.B. Hydrauliköl):**

- Unter hohem Druck austretende Flüssigkeiten wie z.B. Hydrauliköl können die Haut durchdringen und schwere Verletzungen verursachen.
  **Sofort einen Arzt aufsuchen, es besteht Emboliegefahr!**

**Verbrennungen:**

- Kleinflächige Verbrennungen (z. B. Finger) sofort ca. 2 Minuten mit lauwarmen Wasser abkühlen.
- Größere verbrannte Körperoberflächen sollen aufgrund der daraus resultierenden Gefahr der Unterkühlung nicht gekühlt werden.
- Brandwunden locker und keimfrei bedecken (z.B. mit einem Verbandtuch).
- Betroffenen zudecken.

**Verätzungen (z.B. durch $H_2O_2$):**

- Augen: Mindestens 10 Minuten lang mit sterilisiertem Wasser spülen.
- Lungen: Betroffene sofort an die frische Luft bringen, ausruhen lassen und warm halten.
- Haut: Mit Wasser durchnässen, Bekleidung entfernen.
- Mund: Sorgfältig mit Wasser ausspülen und reichlich zu trinken geben.

**IM ZWEIFEL IMMER DEN NOTARZT VERSTÄNDIGEN!**

## 3.9 Restrisiken

CHRIST Gefriertrocknungsanlagen sind nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Dennoch können bei ihrer Verwendung Gefahren für Leib und Leben des Benutzers oder Dritter bzw. Beeinträchtigungen am Gerät oder an anderen Sachwerten entstehen.

- Die Gefriertrocknungsanlage ist nur bestimmungsgemäß zu verwenden (s. Kap. 1.2 - "**Bestimmungsgemäße Verwendung**")
- Die Gefriertrocknungsanlage darf nur in einwandfreiem Zustand betrieben werden.
- Alle Störungen, die die Sicherheit beeinträchtigen, sind sofort zu beseitigen.

# 4 Lagerung und Transport

## 4.1 Abmessungen und Gewicht

| | Epsilon 2-6D $LSC_{plus}$ |
|---|---|
| Höhe: | 1.267 mm |
| Breite: | 860 mm |
| Tiefe (incl. Vakuumflanschanschluss): | 650 mm |
| Gewicht: | ca. 330 kg |

## 4.2 Lagerbedingungen

Um einen sicheren Schutz vor mechanischen und klimatischen Belastungen zu gewährleisten, sind für die Verpackung und Lagerung der Gefriertrocknungsanlage die Richtlinien des Bundesverbandes Holzpackmittel, Paletten, Exportverpackung e. V. (HPE-Verpackungsrichtlinien) einzuhalten.

Insbesondere hat die Lagerung

- staubfrei
- trocken
- ohne große Temperaturschwankungen
- ohne mechanische Belastung

zu erfolgen.

## 4.3 Transporthinweise

- Die Gefriertrocknungsanlage in einer geeigneten Verpackung transportieren, am besten in der Originalverpackung.
- Alle Transportsicherungen montieren (s. Kap. 4.5 - "**Transportsicherungen**").

| | |
|---|---|
| **VORSICHT** | Die Gefriertrocknungsanlage **Epsilon 2-6D $LSC_{plus}$** wiegt ca. 330 kg! |
| **VORSICHT** | Der Schwerpunkt der Gefriertrocknungsanlage liegt außerhalb der Mitte! |

## 4.4 Verpackung

Die Gefriertrocknungsanlage ist in einer Holzkiste verpackt.

- Nach dem Öffnen der Kiste Zubehör entnehmen.
- Verpackungsmaterial herausnehmen.
- Seitenwände der Kiste demontieren.
- Gefriertrocknungsanlage mit einer Hubeinrichtung vom Kistenboden abheben, dabei von der Frontseite (A) einfahren.

**VORSICHT**

Die Gefriertrocknungsanlage **Epsilon 2-6D LSC$_{plus}$** wiegt ca. 330 kg!

**VORSICHT**

Der Schwerpunkt der Gefriertrocknungsanlage liegt außerhalb der Mitte!

1 Lenkrollen
2 Streben
3 Tragrahmen
4 Bockrollen

A Frontseite

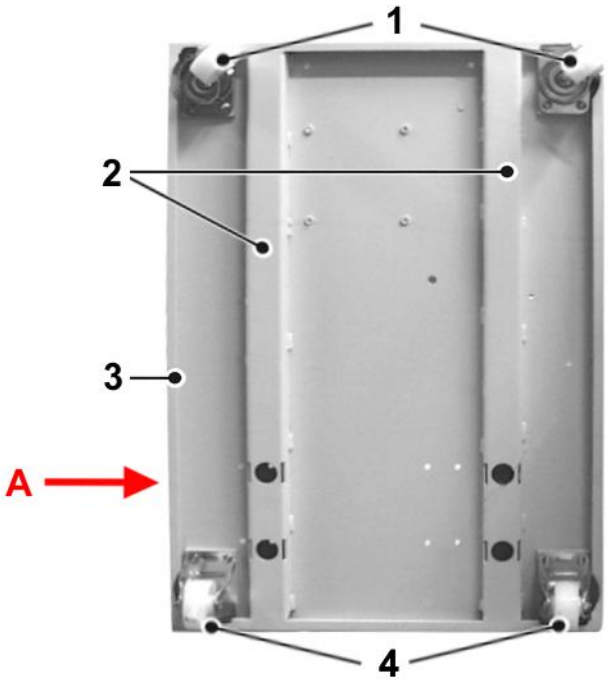



*Abb. 15: Unterseite der Gefriertrocknungsanlage*

- Verpackung für evtl. späteren Transport der Gefriertrocknungsanlage aufbewahren.

## 4.5 Transportsicherungen

Vor der Inbetriebnahme müssen folgende Transportsicherungen entfernt werden:

- Styroporblöcke zwischen den Stellflächen entfernen.
- Verschlusskappe des Ausdehnungsgefäßes der Wärmeträgerflüssigkeit entfernen und Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter) montieren (s. Kap. 5.3 - "**Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)**").
- Vakuummesssonde installieren (s. Kap. 5.4 - "**Vakuummesssonde**").

**HINWEIS**

Vor jedem Transport müssen die Transportsicherungen wieder installiert werden.

## 4.6 Innerbetrieblicher Transport

Die Gefriertrocknungsanlage ist standardmäßig mit Rollen ausgerüstet und kann über kurze Strecken von einer geeigneten Anzahl von Personen geschoben werden. Über längere Strecken ist ein Transport mit einer geeigneten Hubeinrichtung (z.B. Gabelstapler) sinnvoll.

# 5 Aufstellung und Anschluss

## 5.1 Aufstellort

Die Gefriertrocknungsanlage darf nur in geschlossenen und trockenen Räumen betrieben werden.

- Auf ausreichende Belüftung achten. Keine Papiere, Tücher oder ähnliches hinter oder unter das Gerät schieben, da sonst die Luftzirkulation nicht gewährleistet ist.
- Sicherheitsabstand von mindestens 30 cm zur Wand einhalten, damit die im Gerät befindlichen Lüftungsöffnungen in vollem Querschnitt wirksam bleiben.
- Die Umgebungstemperatur muss +10°C bis +25°C betragen.
- Gefriertrocknungsanlage keinen thermischen Belastungen z.B. durch Wärmeerzeuger aussetzen.
- Direkte Sonneneinstrahlung (UV-Strahlung) vermeiden.

## 5.2 Energieversorgung

### 5.2.1 Anschlussart

**GEFAHR**

Die auf dem Typenschild angegebene Betriebsspannung muss mit der örtlichen Versorgungsspannung übereinstimmen!

**WARNUNG**

Arbeiten an der elektrischen Versorgung nur von einer Elektrofachkraft durchführen lassen.

CHRIST Gefriertrocknungsanlagen sind Geräte der Schutzklasse I. Die Geräte des Typs **Epsilon 2-6D LSC$_{plus}$** sind mit einer fünfadrigen Netzanschlussleitung mit 5poligem Cekonstecker zum Herstellen des Netzanschlusses ausgerüstet (s. Kap. 10 - "**Technische Daten**").

**VORSICHT**

Vor dem Herstellen der Verbindung muss die Drehfeldrichtung an der Versorgungssteckdose mit einem entsprechenden Messgerät geprüft werden:

**Das Drehfeld muss rechtsdrehend sein!**

### 5.2.2 Sicherungen bauseits

Die Gefriertrocknungsanlage muss bauseits typisch mit jeweils 16 Amp G abgesichert werden.

## 5.3 Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)

Die Trocknerpatrone verhindert die Aufnahme der Luftfeuchtigkeit durch den Wärmeträger.

Während des Transports der Gefriertrocknungsanlage ist die Trocknerpatrone am Einfüllstutzen der Wärmeträgerflüssigkeit demontiert. Vor Inbetriebnahme der Einheit muss sie installiert werden.

- Verschlusskappe (1) vom Einfüllstutzen abschrauben.
- Das mitgelieferte Anschlussstück (5) zusammen mit der Trocknerpatrone (4) auf dem Einfüllstutzen (1) befestigen.
- Ventil (2) durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn bis zum Anschlag öffnen.

1 Einfüllstutzen mit Verschlusskappe
2 Ventil
3 Rohrstutzen des Ausdehnungsgefäßes (innerhalb der Anlage)

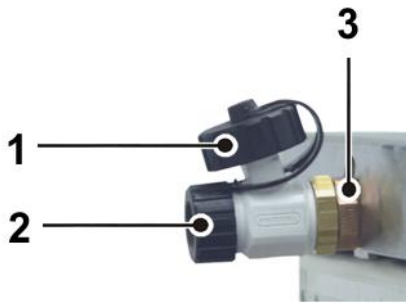



*Abb. 16: Ventil mit Verschlusskappe für den Transport*

4 Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)
5 Anschlussstück

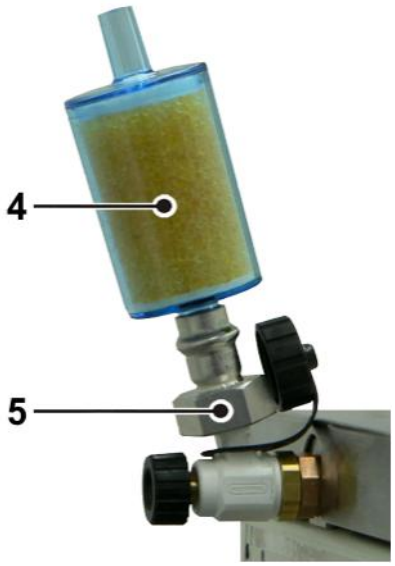



*Abb. 17: Ventil mit Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)*

**HINWEIS**

Das Silicagel in der Trocknerpatrone hat eine begrenzte Aufnahmefähigkeit.

Verändert sich die Farbe des Silicagels von gelb zu weiß, muss die Trocknerpatrone (Best.-Nr. 610 990) ausgetauscht werden.t

## 5.4 Vakuummesssonde

**HINWEIS**

Unbedingt die separate Betriebsanleitung für die Vakuummesssonde beachten!

Um die Vakuummesssonde vor Transportschäden zu schützen, wird sie in der Originalverpackung ausgeliefert. Vor der ersten Inbetriebnahme der Gefriertrocknungsanlage muss die Sonde installiert werden.

1 Vakuummesssonde

*Abb. 18: Position der Vakuummesssonde (hier: Epsilon 2-6D LSC$_{plus}$)*

- Anlage am Netzschalter ausschalten.
- Die Schrauben für die linke Seitenverkleidung befinden sich an der Rückseite der Anlage. Schrauben lösen und Verkleidung nach schräg hinten abnehmen.
- Vakuummesssonde aus der Originalverpackung entnehmen und mit einem Spannring DN16KF und einem Zentrierring (beides im Lieferumfang enthalten) auf dem Anschluss befestigen.
- Den Stecker (an der Anlage installiert) auf die Vakuummesssonde stecken und die Schraube auf dem Stecker handfest anziehen.

**HINWEIS**

Die herstellerabhängigen Anweisungen in der separaten Bedienungsanleitung der Vakuummesssonde sind unbedingt zu befolgen!

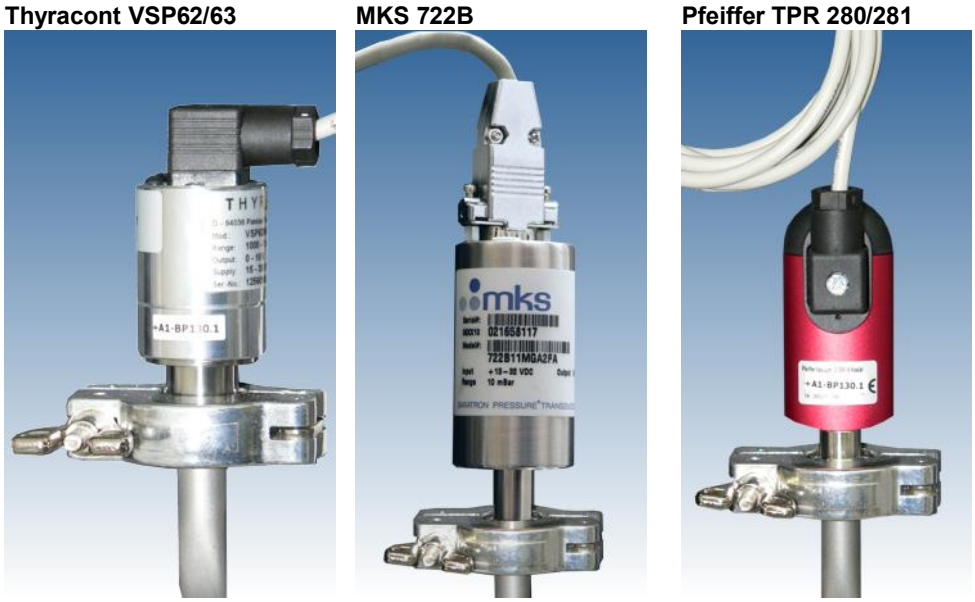



*Abb. 19: eingesetzte Vakuummesssonden verschiedener Hersteller*

**HINWEIS**

Die Vakuummesssonde wird im abgeglichenen Zustand ausgeliefert.

Nach dem Einschalten der Gefriertrocknungsanlage benötigt die Vakuummesssonde einige Minuten, bis sie betriebsbereit ist.

## 5.5 Bedienung der Beladetür

Nach dem Beladen der Trocknungskammer wird die Beladetür geschlossen und mit Hilfe des Knebelgriffs fest gegen den Flansch der Trocknungskammer gepresst. Der Griff steht jetzt senkrecht zur Türkante (siehe Abbildung). Wird während des Trocknungsprozesses ein Vakuum in der Trocknungskammer aufgebaut, wird die Beladetür dichter an den Flansch der Trocknungskammer gezogen; als Folge hängt der Knebelgriff lose nach unten.

**HINWEIS**

Steht der Knebelgriff beim Verschließen der Beladetür nicht senkrecht nach unten, kann er neu eingestellt werden. Dazu die Innensechskantschraube (SW 8) lösen, den Griff neu justieren und die Schraube wieder festziehen.

**WARNUNG**

Der Türgriff darf niemals festgezogen werden, während in der Trocknungskammer ein Vakuum anliegt. Bei der Belüftung steigt der Druck auf den Knebelgriff so stark, dass es zu irreparablen Schäden an der Beladetür kommen kann!

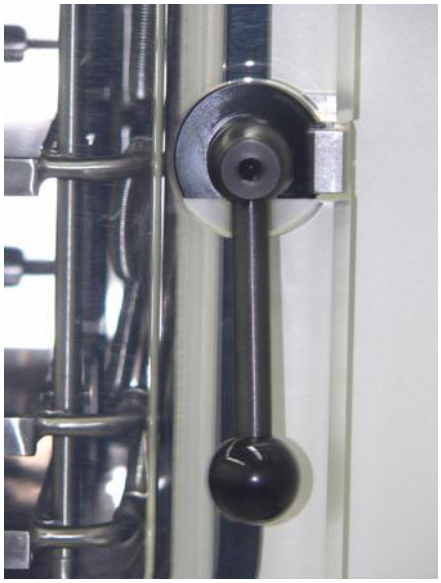


*Abb. 20: Türverschluss einer Beladetür; hier: Türanschlag links*

## 5.6 Belüftungsventil

Das Belüftungsventil befindet sich an der rechten Geräteseite oben (s. Kap. 2.1.1 - "**Funktions- und Bedienelemente**").

Nach Beenden eines Gefriertrocknungsprozesses wird die Anlage über das Belüftungsventil belüftet.

**HINWEIS**

Über die Schlauchtülle des Belüftungsventils kann die Eiskondensator-kammer mit Stickstoff geflutet werden.

**WARNUNG**

Bei der Belüftung mit Gasen unter Überdruck ist bauseits eine Schutzvorrichtung zu installieren.

## 5.7 Medienablaufventil

Das Medienablaufventil befindet sich an der linken Geräteseite unten (s. Kap. 2.1.1 - "**Funktions- und Bedienelemente**").

Über das Medienablaufventil wird das Kondensat- und Abtauwasser abgelassen.

- Ablaufschlauch (im Lieferumfang enthalten) auf die Schlauchtülle stecken.
- Behälter unterstellen.

Der Schlauch muss mit kontinuierlichem Gefälle verlegt werden, das Schlauchende muss sich immer oberhalb der Flüssigkeitsspiegels im Auffanggefäß befinden. So wird verhindert, dass beim Öffnen des Medienablaufventils durch einen eventuell bestehenden Unterdruck Wasser- und Schmutzrückstände in die Eiskondensatorkammer gesaugt werden.

Alternativ befindet sich das Medienablaufventil an der Geräterückseite in der Medienanschlussleiste.

## 5.8 Vakuumpumpe

**HINWEIS**

Unbedingt die separate Betriebsanleitung für Vakuumpumpe und ggf. Ölnebelabscheider beachten!

Die Vakuumpumpe ist mit dem Vakuumanschluss der Anlage verbunden. Der elektrische Anschluss befindet sich innerhalb des Gehäuses der Gefriertrocknungsanlage neben der Vakuumpumpe.

Der beim Betrieb der Pumpe austretende Ölnebel muss durch einen Ölnebelabscheider zurückgehalten oder abgeleitet werden.

- Wir empfehlen unbedingt die Verwendung eines Ölnebelabscheiders. Der Filter verhindert die Verschmutzung der Luft durch Ölnebel.
- Zur Ableitung am Auspuffstutzen der Vakuumpumpe einen passenden Schlauch anschließen (RZ-2,5 und RC-6: ½", DUO 5 oder DUO 10 ¾").
- Die Leitung muss so verlegt sein, dass kein Kondensat in die Pumpe zurücklaufen kann. Bei steigenden Leitungen empfehlen wir die Verwendung eines Abscheiders (Woulff'sche Flasche oder Waschflasche).

## 5.9 Drucksteuerventil

Das Drucksteuerventil ist in der Saugleitung zwischen Vakuumpumpe und Eiskondensatorkammer installiert und unterbricht in festgelegten Prozessphasen den Volumenstrom zur Vakuumpumpe (s. Kap. 2.2.1 - "**Gefriertrocknung allgemein**").

**VORSICHT**

Das Drucksteuerventil muss in Richtung des Volumenstroms in der gekennzeichneten Einbaurichtung installiert sein (siehe Abbildung).

1 Einbaurichtung des Drucksteuerventils

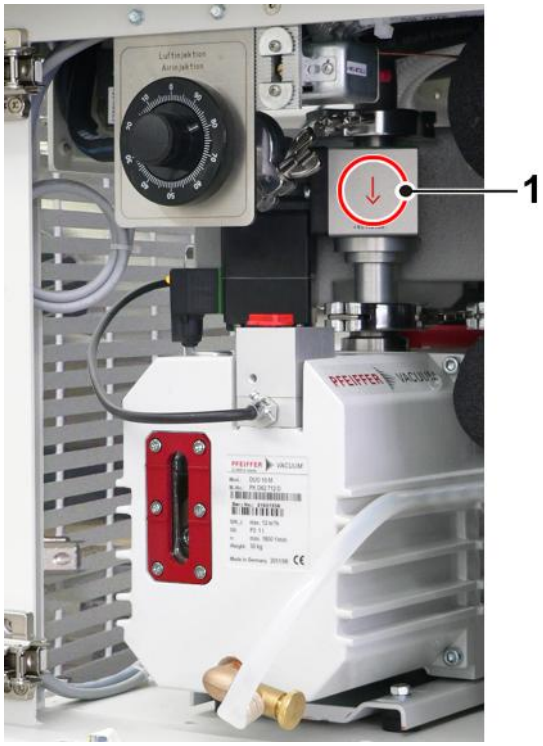



*Abb. 21: Vakuumpumpe mit Drucksteuerventil*

## 5.10 Gummiventile

Mit den Gummiventilen (Best.-Nr. 121860) können Rundkolben, Weithalsfilterverschlussflaschen oder Verteilerstücke für Ampullen an einen Trockenrechen oder eine Trocknungskammer angeschlossen werden. Je nach Anschluss des Zubehörteils kann der blaue Stopfen entfernt werden.

1 Absperrknebel
2 Belüftungsanschluss
3 Gefäßanschluss ("Schliff")
4 Gummistopfen
5 Anschluss zur Gefriertrocknungsanlage (z.B über einen Trockenrechen)

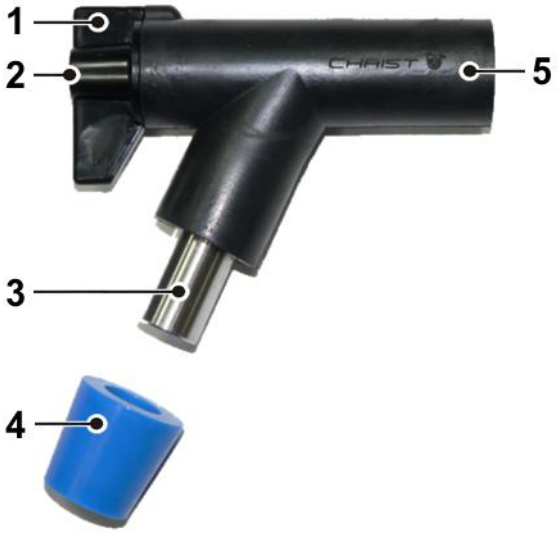



*Abb. 22: Gummiventil*

**HINWEIS**

Die Gummiventile werden ungefettet ausgeliefert. Vor der ersten Inbetriebnahme müssen sie daher am Anschluss zur Gefriertrocknungsanlage und am Gefäßanschluss mit Vakuumfett dünn gefettet werden, um eine problemlose Handhabung zu gewährleisten.

In Position A (siehe Abb. unten) ist der Belüftungsanschluss geöffnet und der Gefäßanschluss geschlossen. Das Zubehör wird belüftet, während das Vakuum in der Trocknungskammer erhalten bleibt. So ist ein Wechsel von Gefäßen ohne Unterbrechung des Trocknungsprozesses möglich.

In Position B ist der Belüftungsanschluss geschlossen und der Gefäßanschluss geöffnet. Das angeschlossene Zubehör ist mit der Gefriertrocknungsanlage verbunden.

In Position C sind sowohl Belüftungsanschluss als auch Gefäßanschluss geschlossen.

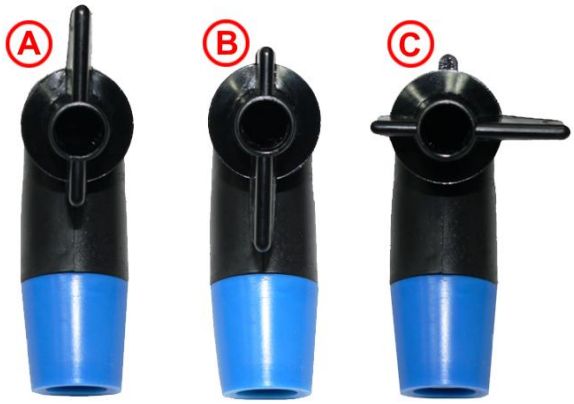



*Abb. 23: mögliche Positionen des Absperrknebels*

# 6 Betrieb

## 6.1 Erste Inbetriebnahme

**WARNUNG**

Vor der ersten Inbetriebnahme ist dafür zu sorgen, dass die Gefriertrocknungsanlage ordnungsgemäß aufgestellt und installiert ist (s. Kap. 5 - "**Aufstellung und Anschluss**").

## 6.2 Installation von Zubehörkomponenten

Das Zubehör wird entsprechend dem Trocknungsverfahren und dem Lieferumfang komplettiert.

Die Installationsanweisungen finden Sie in einem separaten Dokument. Für Rückfragen steht Ihnen unser Vertriebsteam gern zur Verfügung.

## 6.3 Vorbereitung

Die Eiskondensatorkammer muss sauber und trocken sein.

- Wasserrückstände vom vorigen Lauf entfernen.
- Medienablaufventil und Belüftungsventil schließen.
- Sicherstellen, dass alle am Zubehör vorhandenen Ventile geschlossen sind.
- Vakuumpumpe einschalten.

## 6.4 Einschalten

**HINWEIS**

Die Gefriertrocknungsanlage ist mit einem Hauptschalter und einem Netzschalter ausgerüstet (s. Kap. 2.1.1 - "**Funktions- und Bedienelemente**"). Der Hauptschalter stellt die Netzspannungsversorgung her; der Netzschalter versorgt die Anlagensteuerung mit Spannung.

- Hauptschalter betätigen.
- Netzschalter betätigen.

Die $LSC_{plus}$ Anlagensteuerung führt zunächst eine Eigenprüfung und Initialisierung durch. Diese nimmt einige Sekunden in Anspruch.

- Sicherheits- und Gefahrenhinweise beachten (s. Kap. 3 - "**Sicherheit**")!

## 6.5 LSC$_{plus}$ Anlagensteuerung

Die Anlagensteuerung LSC$_{plus}$ ("Lyo Screen Control $_{plus}$") wurde eigens für die Steuerung von Gefriertrocknungsprozessen entwickelt. Die übersichtlich gestaltete Bedienoberfläche ermöglicht eine intuitive Bedienung der Anlage.

*Abb. 24: Startbildschirm der LSC$_{plus}$ Anlagensteuerung*

### 6.5.1 Bedienoberfläche

Die Bedienung erfolgt per "touch panel", d.h. durch Berühren der Schaltflächen auf dem Display. Jede Schaltfläche ist mit einem Rahmen gekennzeichnet. Durch Drücken wird die Schaltfläche aktiviert. Je nach Funktion öffnet sich ein Dialogfenster, ein Wert kann verändert werden oder eine Transaktion wird bestätigt.

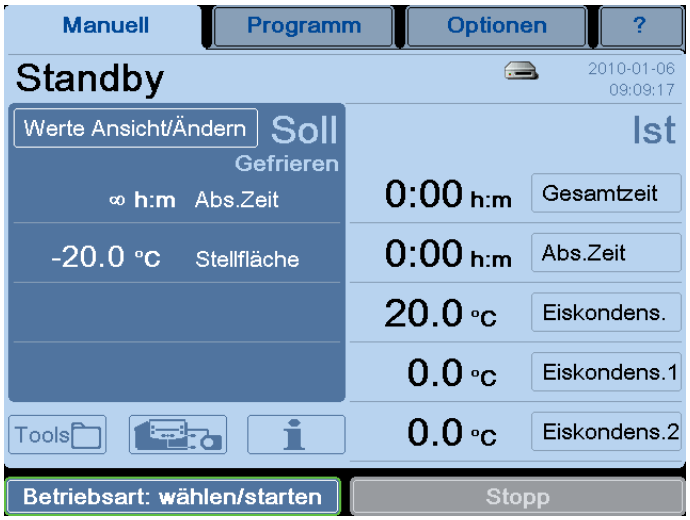



*Abb. 25: Schaltflächen sind mit einem Rahmen gekennzeichnet*

Die Bedienoberfläche ist in vier Hauptfenster gegliedert, die durch Berührung der jeweiligen Schaltfläche aufgerufen werden können:

**Manuell**

Dieses Fenster bildet gleichzeitig die Standard-Bedienoberfläche. Von hier aus werden Gefriertrocknungsprozesse manuell gesteuert.

**Programm**

In diesem Bereich werden Programme erstellt und ausgeführt, die den Gefriertrocknungsprozess automatisieren und reproduzierbar machen. Diese Funktion ist nur mit der Option Programmgeber $PGM_{plus}$ verfügbar.

**Optionen**

In diesem Fenster werden individuelle Einstellungen vorgenommen, die dem Anwender die größtmögliche Anpassung an seinen Arbeitsbereich bieten sollen.

**?**

Hier sind alle relevanten Informationen zur Anlagensteuerung auf einen Blick zu finden. Diese Daten erleichtern bei Rückfragen im Werk die Zuordnung und beschleunigen die Abwicklung.

### 6.5.1.1 Hauptfenster "Manuell"

In diesem Hauptfenster werden alle relevanten Prozessdaten angezeigt. Hier können die einzelnen Phasen eines Gefriertrocknungsprozesses manuell gesteuert werden.

1 Statuszeile
2 Prozess-Sollwerte
3 Schaltfläche "Werte Ansicht/Ändern"
4 Istwerte aktueller Prozess
5 Schaltfläche "Tools"
6 Schaltfläche "Anlagenschema"
7 Schaltfläche "Prozess- und Anlagen-meldungen"
8 Schaltfläche "Betriebsart / Start"
9 Schaltfläche "Stopp"

*Abb. 26: Übersicht Hauptfenster "Manuell"*

**Statuszeile (1)**

In dieser Zeile wird der Betriebszustand der Gefriertrocknungsanlage und die aktive Phase angezeigt.

In der Statuszeile wird auch das aktuelle Datum und die Uhrzeit angezeigt. Die Uhr ist batteriegepuffert und muss nach Ausfall neu eingestellt werden (Kapitel 6.5.1.3 - "**Hauptfenster "Optionen"**", Abschnitt "Verwaltung").

Außerdem gibt das Laufwerk-Symbol Auskunft über den Status des externen Datenträgers bzw. des Netzlaufwerks. Folgende Anzeigen sind möglich:

| | |
|---|---|
| kein Symbol | Kein USB Datenträger oder LAN Netzwerk angeschlossen |
| | USB Datenträger angeschlossen |
| | Prozessaufzeichnung auf USB Datenträger aktiv |
| | Netzwerk angeschlossen, aber kein Netzlaufwerk verbunden |
| | Netzlaufwerk verbunden (z.B. $LPC_{plus}$, $LyoLog_{plus}$) |
| | Netzlaufwerk verbunden und Prozessaufzeichnung aktiv |

**Prozess Sollwerte (2)**

Im Manuell-Modus werden vor Prozessbeginn die Sollwerte für die einzelnen Phasen eingegeben. Für jede Phase sind Wertebereiche hinterlegt, die im Eingabefenster mit Hilfe der Schaltflächen "min" oder "max" angezeigt werden können (s. Kap. 6.5.2.1 - "**Sollwerteingaben im manuellen Modus**").

**" (3)Schaltfläche "Werte Ansicht/Ändern**

Mit dieser Schaltfläche werden die einzelnen Parameter zur Änderung aufgerufen.

**Istwerte aktueller Prozess (4)**

In diesem Bereich werden die aktuellen Prozessdaten angezeigt. Jedes Feld ist frei konfigurierbar:

- Schaltfläche des Feldes auswählen, das angepasst werden soll. Es erscheint ein Dialogfenster:

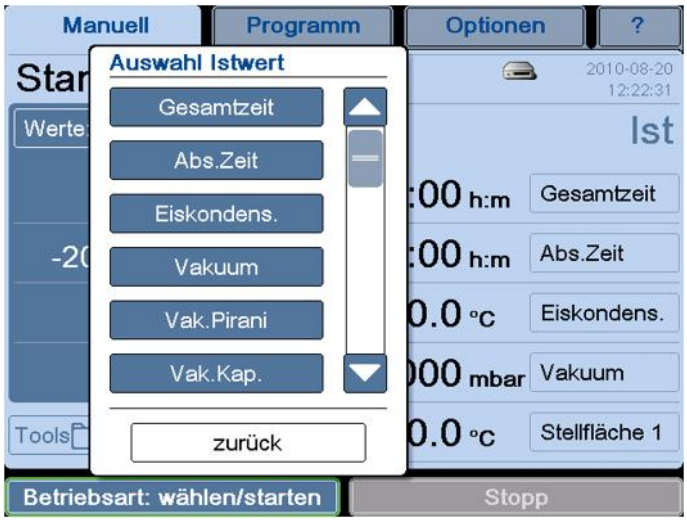



*Abb. 27: Dialogfenster "Auswahl Istwert"*

- Gewünschte Konfiguration auswählen oder mit "zurück" das Dialogfenster verlassen.

Auf diese Weise kann eine individuelle Übersicht der Istwerte zusammengestellt werden.

**Dialogfenster "Tools" (5)**

In diesem Dialogfenster können verschiedene Hilfsmittel aufgerufen werden.

Dampfdruckkurve für Eis und Wasser

Über eine Grafik wird der Zusammenhang zwischen dem Druck und der Probentemperatur dargestellt. Durch Auswahl der Schaltflächen oder durch Bewegen der Pfeile (siehe Abbildung, Pos. 1) können die Werte für Druck oder Temperatur verändert werden. Der jeweils andere Wert wird dann automatisch angepasst.

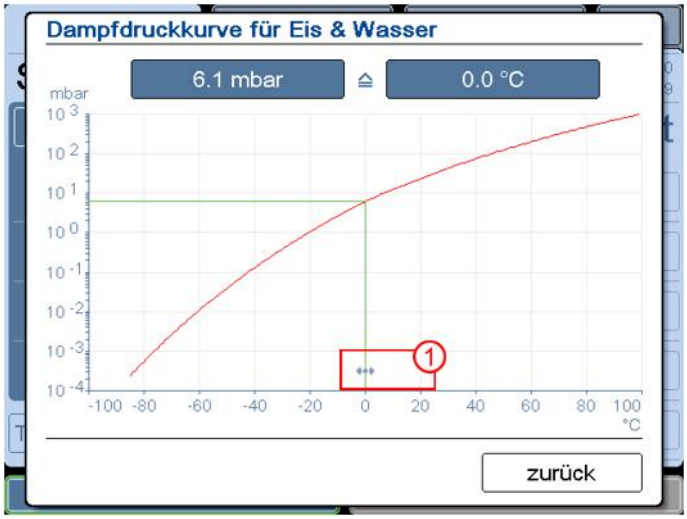



*Abb. 28: Dialogfenster Dampfdruckkurve für Eis und Wasser*

Option: Druckanstiegstest (nur beim Zweikammer-Verfahren)

Der → *Druckanstiegstest* kann nur dann ausgeführt werden, wenn die Gefriertrocknungsanlage mit einem Zwischenventil ausgerüstet ist. Die manuelle Ausführung ist sowohl im manuellen Modus als auch im Programmmodus möglich. Zusätzlich kann der Druckanstiegstest automatisch als Teil eines Programms ausgeführt werden (s. Kap. 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**").

- Im Dialogfenster "Tools" die Funktion "Druckanstiegstest" auswählen.
- Sollwerte für Dauer und max. Druckanstieg über die Schaltflächen eingeben.
- Druckanstiegstest starten. Die Testzeit wird angezeigt. Nach Testende erscheint eine Statusmeldung (Druckanstieg erfolgreich oder fehlgeschlagen), und die ermittelten Werte werden angezeigt:

*Abb. 29: Dialogfenster Druckanstiegstest*

- Durch Betätigen der Schaltfläche "Stopp Test" wird der Druckanstiegstest abgebrochen.

Option: Wägesystem

Ist die Gefriertrocknungsanlage mit dem Wägesystem "LyoBalance" ausgerüstet (s. Kap. 6.6 - "**Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen**"), werden die Parameter in diesem Dialogfenster konfiguriert.

**HINWEIS**

Separate Bedienungsanleitung des Wägesystems beachten!

### Dialogfenster "Anlagenschema" (6)

Durch Auswahl der Schaltfläche "Anlagenschema" wird auf der linken Seite eine schematische Darstellung der Anlage inkl. aller Komponenten eingeblendet. Aktive Komponenten werden dabei grün dargestellt. Durch Anklicken kann die Bezeichnung des jeweiligen Elements und sein → *Betriebsmittelkennzeichen* aufgerufen werden.

*Abb. 30: Darstellung eines Anlagenschemas mit Bezeichnung und Betriebsmittelkennzeichen*

### Dialogfenster "Prozess- und Anlagenmeldungen" (7)

In diesem Dialogfenster werden alle Störungen und Meldungen angezeigt und gespeichert. Bei Auftreten einer Störung oder Meldung wird das Fenster "Prozess- und Anlagenmeldungen" automatisch eingeblendet. Zusätzlich ertönt standardmäßig ein akustisches Signal, bis der Fehler quittiert wird.

Die Störungen werden in drei Kategorien eingeteilt:

- Rot: Fehlermeldungen
- Orange: Prozessmeldungen
- Gelb: Allgemeine Meldungen

An der Darstellungsweise der Meldung lässt sich der Status erkennen. Ein doppelter Rahmen um die Meldung zeigt an, dass der Fehler noch nicht behoben ist. Die Schaltfläche "quit" ändert die Farbe von blau zu grau, wenn die Meldung quittiert wird.

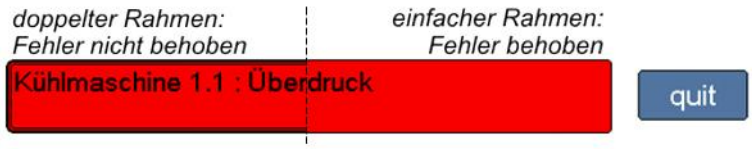
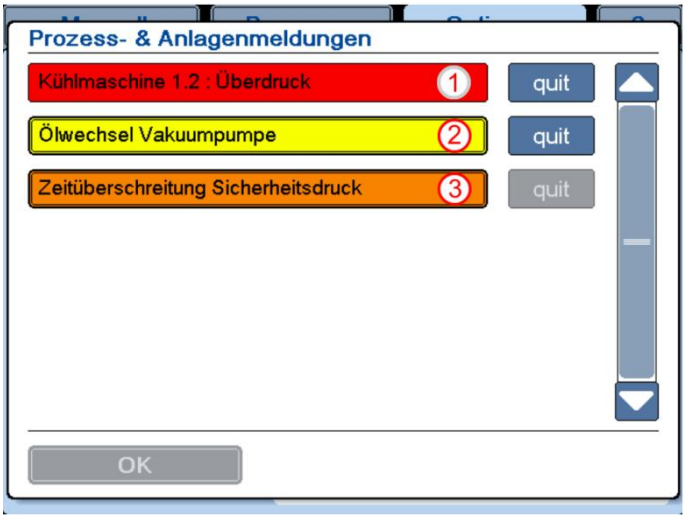



*Abb. 31: Darstellung einer Fehlermeldung*

Störungen, die z.B. während der Nacht aufgetreten sind, können so am nächsten Tag festgestellt werden, auch wenn die Ursache in der Zwischenzeit behoben ist.

Das Dialogfenster kann erst verlassen werden, nachdem alle Meldungen quittiert wurden.

Ist eine Meldung quittiert, die Störung aber noch nicht behoben, wird die Schaltfläche "Prozess- und Anlagenmeldungen" im Hauptfenster in der Farbe der Störung hinterlegt.




1 Die Störung ist behoben, Meldung ist noch nicht quittiert
2 Die Störung ist noch nicht behoben, die Meldung ist noch nicht quittiert
3 Die Störung ist noch nicht behoben, aber die Meldung ist quittiert

*Abb. 32: Dialogfenster "Prozess- und Anlagenmeldungen"*

Detailinformationen

Durch Berühren der Meldung können Details zur Fehlermeldung eingesehen werden:

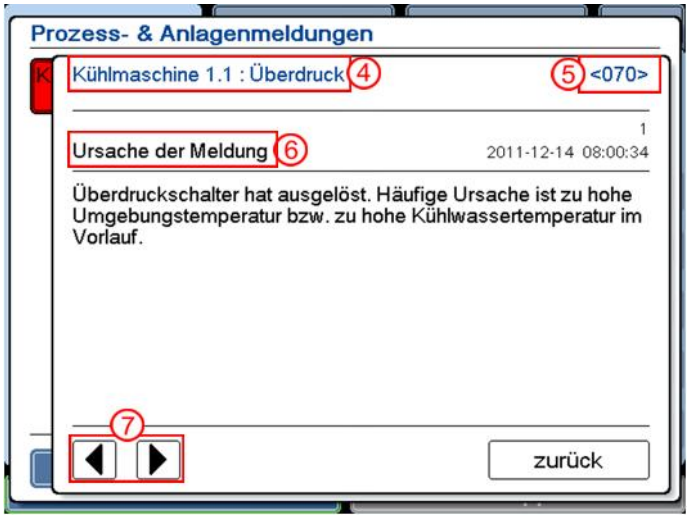
- Ursache der Meldung
- Auswirkung der Meldung
- Maßnahmen zur Fehlerbehebung
- → *Betriebsmittelkennzeichen*

Die einzelnen Fenster werden durch Betätigen der Pfeiltasten aufgerufen.

Hinter dem Text jeder Fehlermeldung wird ein Fehlercode angezeigt.

**HINWEIS**

Bei Rückfragen oder Serviceanforderungen stets den Fehlercode angeben!




4 Fehlermeldung
5 Fehlercode
6 Detailinformation
7 Pfeiltasten

*Abb. 33: Detailinformationen zu einer Fehlermeldung*

**HINWEIS**

Alle angezeigten Texte der Prozess- und Fehlermeldungen sind dieser Betriebsanleitung nicht beigefügt.

Diese Unterlagen können im Internet unter www.martinchrist.de mit dem Formular **"Serviceanforderung online"** angefordert werden.

### Dialogfenster "Betriebsart wählen / starten" (8)

Wurden die Sollwerte für den Prozess eingegeben, wird mit dieser Funktion der Prozess manuell gestartet (s. Kap. 6.5.2 - "**Gefriertrocknung manuell**").

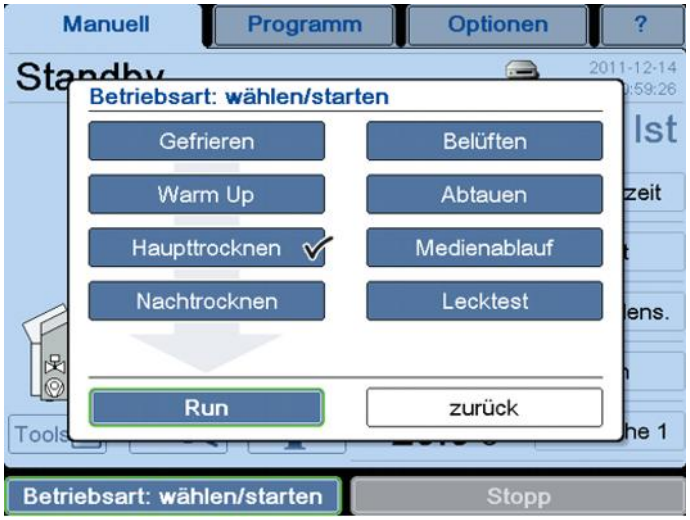



*Abb. 34: Dialogfenster "Betriebsart wählen / starten"*
*(Anzeige variiert je nach Ausstattung der Gefriertrocknungsanlage)*

### Schaltfläche "Stopp" (9)

Durch Drücken dieser Schaltfläche wird der aktuelle Prozess gestoppt. Die Anlage wechselt in den Standby-Status.

### 6.5.1.2 Hauptfenster "Programm"

Im Hauptfenster "Programm" werden mit Hilfe des Programmgebers $PGM_{plus}$ programmierte Gefriertrocknungsprozesse geladen, geändert und neue Programme erstellt.

1 Programmliste
2 Schaltfläche "Neues Programm"
3 Schaltflächen "Laden"

*Abb. 35: Übersicht Hauptfenster "Programm"*

#### Programmliste (1)

Nach Auswahl des Hauptfensters "Programm" erscheint zunächst eine Übersicht über die bereits gespeicherten Programme. Über die Schaltfläche "Laden" (3) hinter dem Programmnamen werden die Programmdaten übernommen. Alle Programme können geladen, bearbeitet, kopiert oder gelöscht werden (s. Kap. 6.5.3 - "**Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus**").

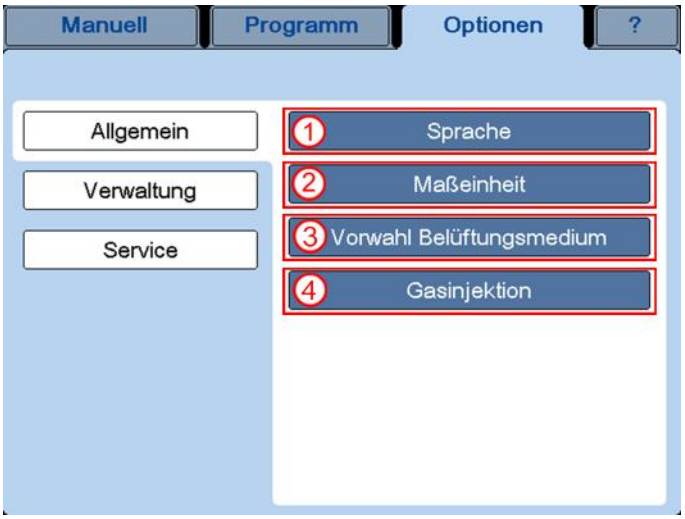
#### Dialogfenster "Neues Programm" (2)

In diesem Dialogfenster können neue Programme auf Basis eines bereits bestehenden Programms oder ganz ohne Vorgabe erstellt werden (s. Kap. 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**").

### 6.5.1.3 Hauptfenster "Optionen"

Im Hauptfenster "Optionen" können grundsätzliche Einstellungen der Anlagensteuerung vorgenommen werden. So soll eine optimale Anpassung an den Einsatzbereich der Gefriertrocknungsanlage erreicht werden.

#### Allgemein




**Optionen Allgemein:**

1 "Sprache"
2 "Maßeinheit"
3 Sonderausstattung: "Vorwahl Belüftungs-medium"
4 Sonderausstattung: "Gasinjektion"

*Abb. 36: Übersicht Hauptfenster "Optionen / Allgemein"*

Sprache (1)

Die Anlagensteuerung kann in diversen Sprachen bedient werden, die über das Dialogfenster ausgewählt werden.

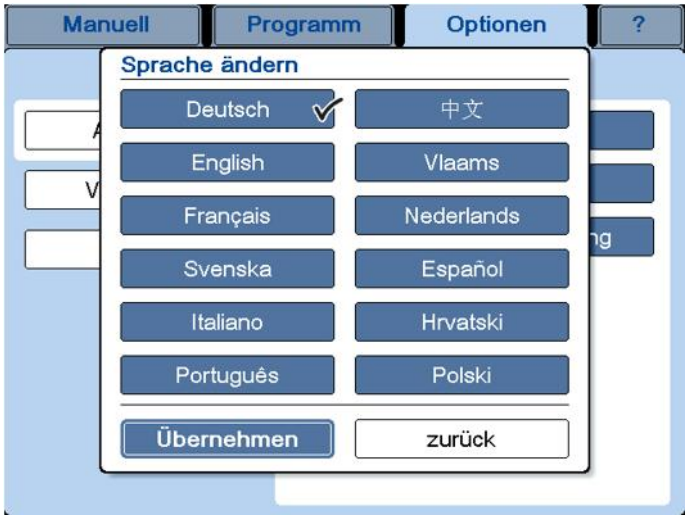



*Abb. 37: Dialogfenster "Sprache ändern"*

Maßeinheit (2)

In diesem Dialogfenster können die Maßeinheiten für Temperatur und Vakuum verändert werden.

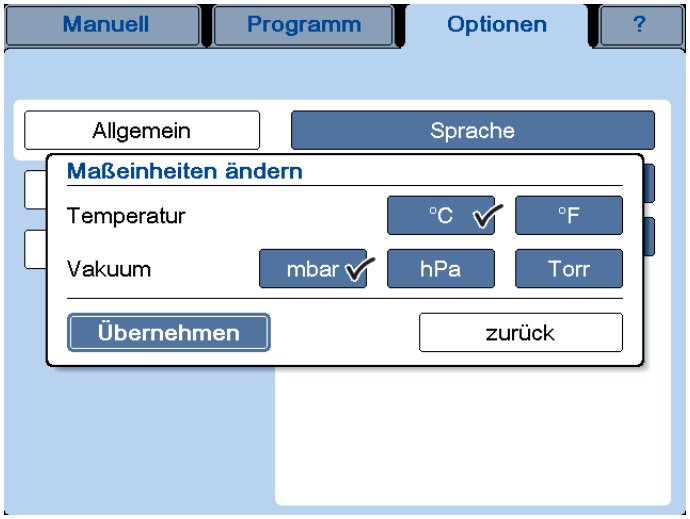



*Abb. 38: Dialogfenster "Maßeinheit"*

Sonderausstattung: Vorwahl Belüftungsmedium

Diese Funktion kann sowohl im manuellen Modus ausgeführt als auch in einem Programm hinterlegt werden (s. Kap. 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**").

Bei der Ausstattung der Anlage mit einem automatischen Belüftungsventil und automatischen Ventilen zur Medienvorwahl wird über dieses Dialogfenster das Medium eingestellt, das für alle Belüftungsmedium-Anforderungen im manuellen Modus (ab Beginn der Haupttrocknung) und während des Abschnitts "Belüften" genutzt wird. In den Phasen "Gefrieren" und "Warm up" im manuellen Modus sowie den Betriebsarten "Abtauen", "Lecktest" und "Medienablauf" ist grundsätzlich Luft vorgewählt.

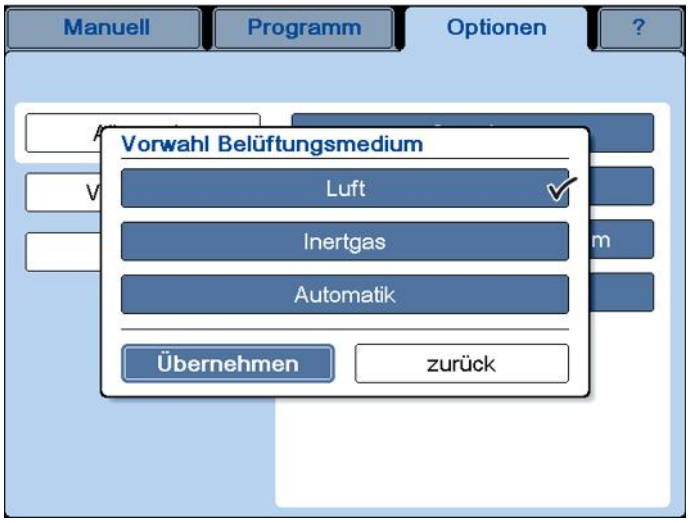



*Abb. 39: Dialogfenster "Vorwahl Belüftungsmedium"*

Falls die Vakuumregelung mit kontrolliertem Gaseinlass (Injektion) arbeitet, erfolgt diese mit dem vorgewählten Medium.

Die folgenden Medienvorwahl-Einstellungen sind möglich:

- Luft: wählt den Medienanschluss "Luft" vor.
- Inertgas: wählt den Medienanschluss "Inertgas" vor.
- Automatik: automatische Medienanschlussvorwahl, abhängig vom Kammerdruck und Verschlussstatus der Produktfläschchen:
  - Kammerdruck ≥ 950 mbar: Vorwahl des Medienanschlusses "Luft".
  - Kammerdruck < 950 mbar: Vorwahl des Medienanschlusses "Inertgas".

Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil

Diese Funktion kann sowohl im manuellen Modus ausgeführt als auch in einem Programm hinterlegt werden (s. Kap. 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**").

Über das Dialogfenster wird das zu verwendende Verfahren zur Vakuumregelung vorgewählt, sofern die Anlage mit einem Proportional-Gasinjektionsventil ausgestattet ist.

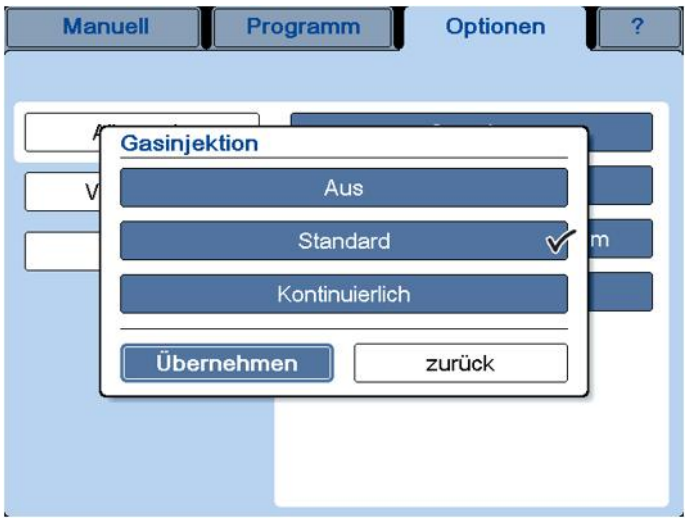
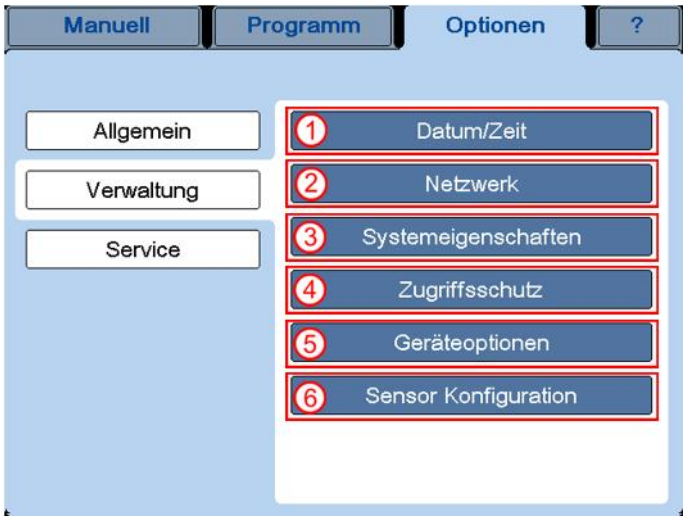



*Abb. 40: Dialogfenster "Gasinjektion"*

Folgende Verfahren sind möglich:

- Schaltfläche "Aus": Die Gasinjektion ist deaktiviert. Die Vakuumregelung erfolgt ausschließlich durch Öffnen und Schließen des Drucksteuerventils in der Saugleitung der Vakuumpumpe.
- Schaltfläche "Standard": Die Vakuumregelung erfolgt durch die Kombination von Evakuierung und Gasinjektion. Das elektromagnetische Gasinjektionsventil, das in Reihe mit dem Proportionalventil geschaltet ist, ist ständig geöffnet. Ist das aktuelle Vakuum besser als der Sollwert, wird durch Öffnen des Proportionalventils Gas injiziert. Die Durchlassöffnung des Ventils wird automatisch geregelt. Ist es schlechter als der Sollwert, erfolgt die Evakuierung durch das Öffnen des Drucksteuerventils in der Saugleitung der Vakuumpumpe.
- Schaltfläche "Kontinuierlich": Im Bereich von 6 mbar bis zum Endvakuum erfolgt die Vakuumregelung bei ständig geöffnetem Drucksteuerventil und elektro-magnetischem Gasinjektionsventil ausschließlich durch Variieren des Injektionsdurchflusses mittels Proportionalventil. Zunächst wird das Proportionalventil geschlossen. Über 6 mbar erfolgt die Regelung wie unter "Aus" beschrieben.

## Verwaltung




**Optionen Verwaltung:**

1 "Datum/Zeit"
2 "Netzwerk"
3 "System Eigenschaften"
4 "Zugriffschutz"
5 "Geräte Optionen"
6 "Sensor Konfiguration"

*Abb. 41: Dialogfenster "Optionen / Verwaltung"*

### Datum / Zeit (1)

Die $LSC_{plus}$ Anlagensteuerung verfügt über eine eingebaute batteriegepufferte Uhr. Nach Ausfall der Pufferbatterie müssen Datum und Uhrzeit neu eingestellt werden.

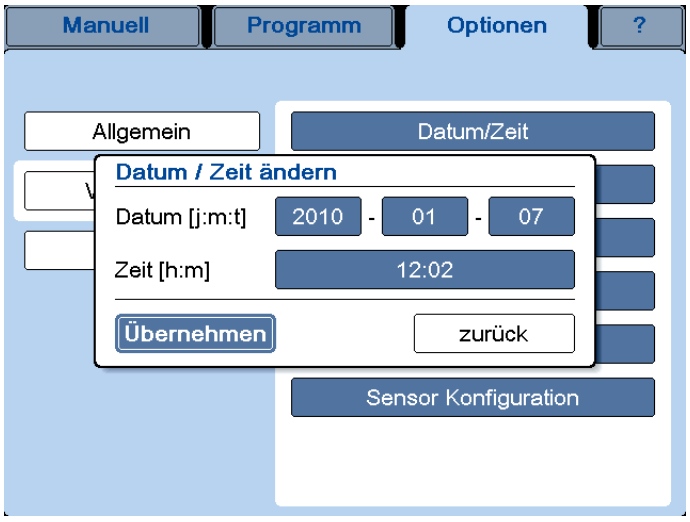



*Abb. 42: Dialogfenster Datum/Zeit*

Netzwerk (2)

In diesem Dialogfenster können Netzwerkeinstellungen geändert werden.

**HINWEIS**

Die Änderungen werden erst nach einem Neustart der Anlage übernommen.

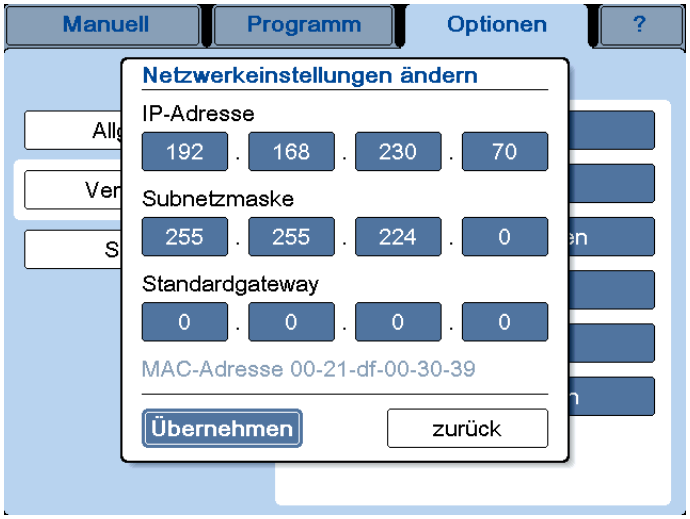



*Abb. 43: Dialogfenster "Netzwerk"*

Systemeigenschaften (3)

In diesem Dialogfenster können verschiedene Systemeigenschaften verändert werden.

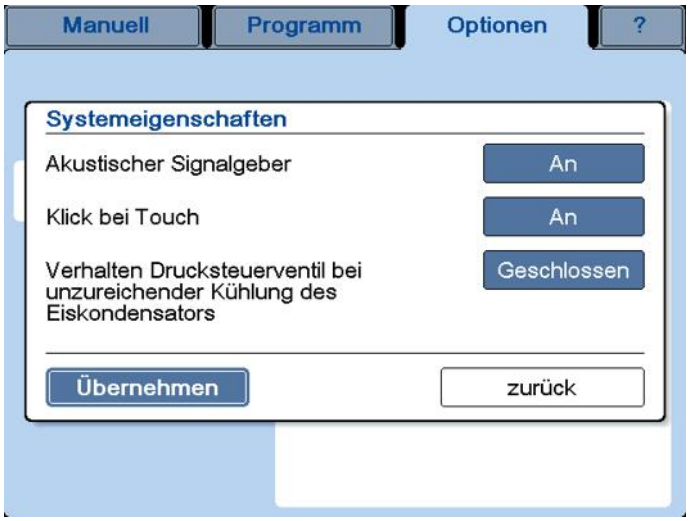



*Abb. 44: Dialogfenster " Systemeigenschaften"*

*Akustischer Signalgeber:* Ein akustisches Signal ertönt zum Beispiel beim Auftreten einer Störung.

- Bei der Einstellung "An" ertönt das akustische Signal im Abstand von einigen Sekunden solange, bis die Meldung quittiert wird.
- Bei der Einstellung "Ruhe" ertönt das akustische Signal einmalig beim Auftreten des Fehlers.
- Bei der Einstellung "Aus" ertönt kein akustisches Signal.

*Klick bei Touch:* Ist diese Funktion aktiviert, ertönt bei jeder registrierten Berührung einer Schaltfläche ein Klicklaut.

*Verhalten Drucksteuerventil bei unzureichender Kühlung des Eiskondensators:* Ist diese Funktion aktiviert (Schaltfläche "Geschlossen"), schließt das Drucksteuerventil bei einer Eiskondensatortemperatur von ≥ -20°C während der Trocknung, um Schäden an der Vakuumpumpe durch das Absaugen kondensierbarer Gase zu verhindern. Eine entsprechende Fehlermeldung wird angezeigt. Durch nochmaliges Betätigen der Schaltfläche wird die Funktion deaktiviert (Schaltfläche "Geregelt").

Zugriffschutz (4)

In diesem Dialogfenster können die Zugriffsrechte in mehreren Ebenen geregelt und mit einem Passwort geschützt werden.

In der Werkseinstellung bei aktiviertem Zugriffschutz können Daten zwar angesehen, aber nicht geändert werden.

*Abb. 45: Dialogfenster "Zugriffschutz"*

**HINWEIS**

Nur bei aktiviertem Zugriffschutz können die weiteren Schaltfelder aktiviert werden.

*Laufzeit Passworttimer:* Um einen unautorisierten Zugriff zu verhindern, wechselt das System nach einer vorgegebenen Zeit automatisch zurück in die Grundeinstellung.

In der Statuszeile erscheint ein kleines Schlosssymbol, darunter wird die verbleibende Zeit bis zur Sperrung heruntergezählt. Gleichzeitig erscheint im Feld der Ist-Daten eine Schaltfläche mit einem großen Schlosssymbol.

*Abb. 46: Countdown Passworttimer und Schaltfläche "Schloss"*

- Mit der Schaltfläche "Schloss" wird der Zugriff sofort gesperrt, das System wechselt in die Grundeinstellung.

*Abb. 47: Zugriff gesperrt, keine Änderungen möglich*

*Passwort Bediener / Service / Administrator:* Für jede dieser Ebenen sind bestimmte Änderungsrechte definiert, die mit dem jeweiligen Passwort freigegeben werden.

Die Rechte der einzelnen Ebenen sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

| Aktion | Bediener | Service | Administrator |
|---|---|---|---|
| Daten des aktuellen Prozessablaufs bearbeiten (z.B. Betriebsart wählen, Sollwerte ändern) | ✓ | ✓ | ✓ |
| Servicefunktionen bearbeiten (z.B. Ölwechsel Vakuumpumpe) | -- | ✓ | ✓ |
| Grundeinstellungen bearbeiten (z.B. Zugriffschutz ändern, Programme erstellen und bearbeiten, Systemeinstellungen bearbeiten) | -- | -- | ✓ |

Geräteoptionen (5)

In diesem Dialogfenster sind alle Geräteoptionen aufgeführt, die für diese Anlage verfügbar sind. Eine Aufstellung der möglichen Optionen ist unter Kapitel 6.6 - "**Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen**" zu finden. Optionen, für die ein seriennummerngebundener Freischaltcode benötigt wird, sind mit dem Symbol ("🔒") gekennzeichnet.

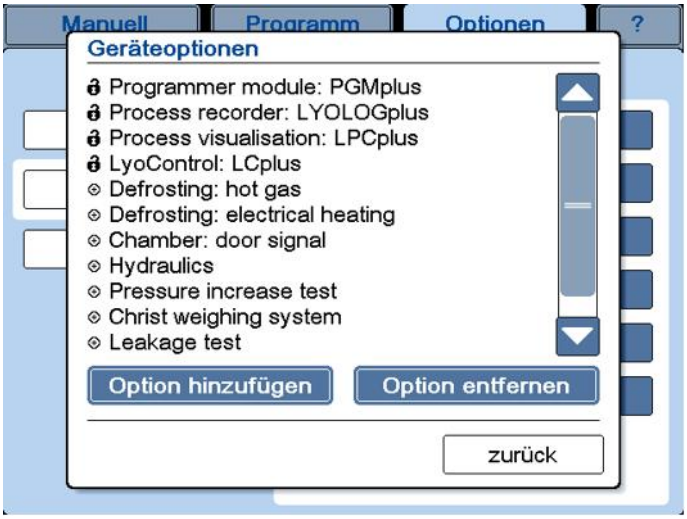



*Abb. 48: Dialogfenster Geräteoptionen - Beispiel*

Soll die Gefriertrocknungsanlage um eine Option erweitert werden, erfolgt die Freigabe ebenfalls über dieses Dialogfenster.

- Schaltfläche "Option hinzufügen" drücken. Es erscheint ein Eingabefenster.
- Den sechsstelligen CHRIST Freischaltcode eingeben, der für diese Option geliefert wurde, dabei auf Groß- und Kleinschreibung achten.

In gleicher Weise werden Optionen entfernt.

**HINWEIS**

Die Änderungen werden erst nach einem Neustart der Anlage übernommen.

Sensor Konfiguration (6)

**VORSICHT**

Die Sensorkonfigurationen sind von der Ausstattung der Anlage abhängig. Bei falscher Konfiguration ist die korrekte Funktion der Anlage nicht gewährleistet.

In diesem Dialogfenster werden die vorhandenen Sonden für Vakuum und Druck konfiguriert. Für Vakuum und Druck sind jeweils zwei Messverfahren aufgeführt, für die unterschiedliche Sonden ausgewählt werden können.

- Zum Ändern der Sonde die Schaltfläche mit dem Sondennamen drücken. Nacheinander erscheinen alle möglichen Fabrikate.

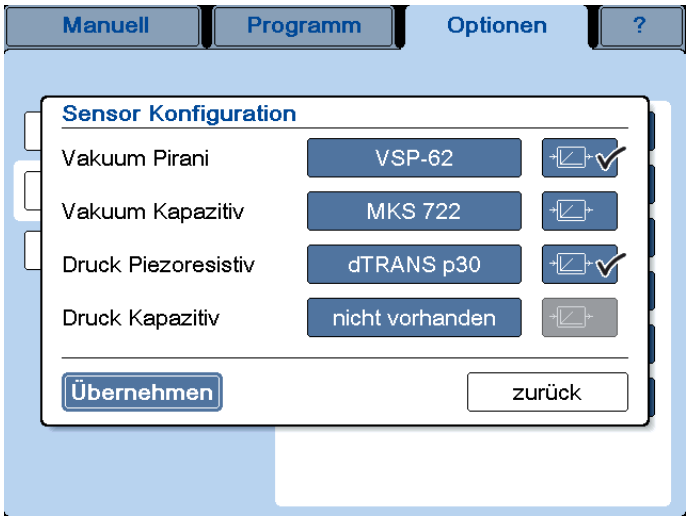



*Abb. 49: Dialogfenster "Sensor Konfiguration"*

Die rechte Schaltfläche hinter jeder Sonde zeigt ein Regelsymbol. Das Häkchen an einer Schaltfläche kennzeichnet die Regelsonde, d.h. diese Sonde ist maßgeblich für das Vakuum in der Anlage. Ist eine zweite Sonde vorhanden, dienen deren Daten lediglich als Vergleichswert.

### Service

**Optionen Service:**

1 "Betriebsstunden"
2 "Fehlerspeicher"
3 "Wireless Shelf Technology"
4 "Ölwechsel Vakuumpumpe"
5 "Wartung"
6 "Sensor Abgleich"

*Abb. 50: Dialogfenster "Service" (variiert je nach Anlagentyp)*

Betriebsstunden (1)

In diesem Dialogfenster können die Betriebsstunden einzelner Komponenten der Gefriertrocknungsanlage, wie z.B. Kühlmaschine, Vakuumpumpe oder Drucksteuerventil abgefragt werden. Zusätzlich zur Bezeichnung wird das → *Betriebsmittelkennzeichen* angegeben.

Diese Daten dienen ausschließlich der Information; eine Änderung ist nicht möglich.

*Abb. 51: Dialogfenster " Betriebsstunden", hier: Kühlmaschine 1.1*

Fehlerspeicher (2)

Im Fehlerspeicher werden die zuletzt aufgetretenen Meldungen des Prozess- und Anlageninformationssystems gespeichert. Sie können über dieses Dialogfenster eingesehen werden. Der Fehlerspeicher umfasst die letzten 32 Meldungen; bei Überschreitung der Anzahl wird die älteste Meldung gelöscht.

Die einzelnen Meldungen werden durch Betätigen der Pfeiltasten aufgerufen.

Hinter dem Text jeder Fehlermeldung wird ein Fehlercode angezeigt.

**HINWEIS**

Bei Rückfragen oder Serviceanforderungen stets den Fehlercode angeben!

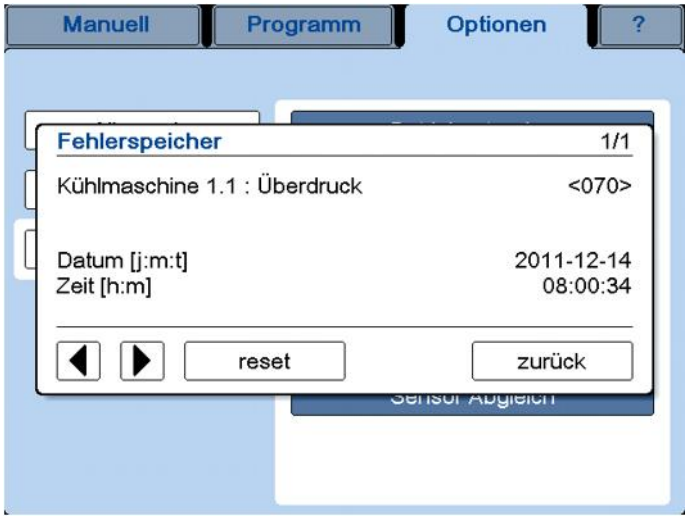



*Abb. 52: Dialogfenster "Fehlerspeicher"*

Ölwechsel Vakuumpumpe (4)

Das System überwacht das Ölwechselintervall der Vakuumpumpe. Je nach Fabrikat und Nutzung kann das Intervall angepasst werden.

Wenn das Ende eines Ölwechselintervalls erreicht ist, wird eine entsprechende Meldung angezeigt.

- Meldung quittieren.
- Ölwechsel an der Vakuumpumpe vornehmen.
- Betriebsstundenzähler im Dialogfenster "Ölwechsel Vakuumpumpe" durch Drücken der Schaltfläche "reset" zurücksetzen.

*Abb. 53: Dialogfenster "Ölwechsel Vakuumpumpe"*

Wartung (5)

Das Wartungsintervall für die Anlage ist mit 3000 Betriebsstunden, mindestens 1x jährlich, festgelegt.

Wenn das Ende eines Wartungsintervalls erreicht ist, wird eine entsprechende Meldung angezeigt.

- Meldung quittieren.
- Einen Termin zur Wartung Ihrer Gefriertrocknungsanlage vereinbaren.
- Der Betriebsstundenzähler im Dialogfenster "Wartung" wird durch unsere Servicetechniker nach erfolgter Wartung zurückgesetzt.

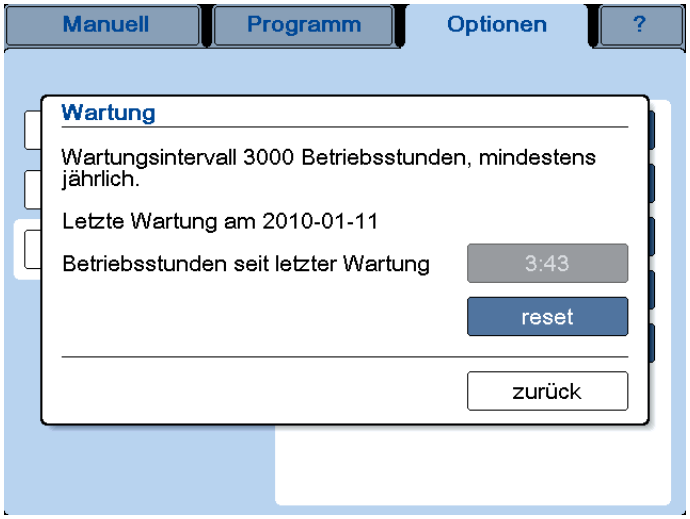



*Abb. 54: Dialogfenster "Wartung"*

Sensor Abgleich (6)

**VORSICHT**

Falsch abgeglichene Sensoren führen zu falschen Messwerten, die keine einwandfreie Prozesssteuerung ermöglichen.

In diesem Dialogfenster werden die einzelnen Sensoren mit einem vorgegebenen Referenzwert abgeglichen.

- Zur Auswahl des Sensors Schaltfläche drücken. Es erscheint ein Auswahlmenü.
- Referenzwert eingeben und Schaltfläche "Abgleich" drücken.

*Abb. 55: Dialogfenster "Sensor Abgleich"*

### 6.5.1.4 Hauptfenster "?"

In diesem Hauptfenster sind die wichtigsten Informationen zu Ihrer Gefriertrocknungsanlage hinterlegt:

1 Typ der Gefriertrocknungsanlage
2 Typ der Anlagensteuerung
3 Fabriknummer (Seriennummer)
4 Kontakt zum Hersteller
5 Detailinformationen zu Software-Versionen

*Abb. 56: Anlageninformationen (Beispiel)*

**HINWEIS**

Bitte geben Sie bei Rückfragen im Werk die hier aufgeführten Nummern an.

### 6.5.2 Gefriertrocknung manuell

Im manuellen Modus geschieht das Weiterschalten von einer zur nächsten Gefriertrocknungsphase manuell durch den Benutzer. Der manuelle Modus wird durch Aufrufen des Hauptfensters "Manuell" aktiviert.

Für die einzelnen Prozessphasen ("Gefrieren", "Warm Up", "Haupttrocknen", "Nachtrocknen") werden vor Prozessbeginn die Sollwerte festgelegt. Anschließend wird der Gefriertrocknungsprozess über das Dialogfenster "Betriebsart wählen/starten" gestartet.

**HINWEIS**

Soll der Gefriertrocknungsprozess direkt mit der Phase "Haupttrocknen" gestartet werden, muss die Vakuumpumpe ca. 15 Minuten vor Prozessbeginn warmlaufen. Geschieht dies nicht, erscheint eine entsprechende Warnung beim Starten des Prozesses.

**HINWEIS**

Ist für eine Phase als Abschnittszeit "∞" (unendlich) vorgewählt, muss manuell über die Schaltfläche "Betriebsart wählen/starten" die nächste Phase angewählt werden.

Im manuellen Modus ist es möglich, während des Betriebs die Sollwerte der aktiven Phase zu ändern. Die Steuerung regelt die Anlage in diesem Fall auf schnellstem Wege auf die neuen Sollwerte.

Nach Ablauf einer Phase wird zur nächsten gewechselt, ohne dabei die Anlage in Standby zu versetzen. Der Übergang von "Gefrieren" zu "Warm Up" erfolgt automatisch. Nach Ablauf der "Warm Up"-Phase erscheint ein Dialogfenster:

*Abb. 57: Dialogfenster nach Ablauf der Warm Up-Phase*

Bis zur Bestätigung bleibt die Anlage in der "Warm Up"-Phase.

Der Übergang von "Haupttrocknen" zu "Nachtrocknen" erfolgt normalerweise automatisch.

Nach Ablauf der Phase "Nachtrocknen" erfolgt eine weitere Abfrage, mit der der Gefriertrocknungsprozess beendet wird. Bis zur Bestätigung der Abfrage bleibt die Anlage im "Run"-Modus.

Der Prozess kann jederzeit durch Drücken der Schaltfläche "Stopp" beendet werden. In diesem Fall geht die Anlage in den Standby-Status über.

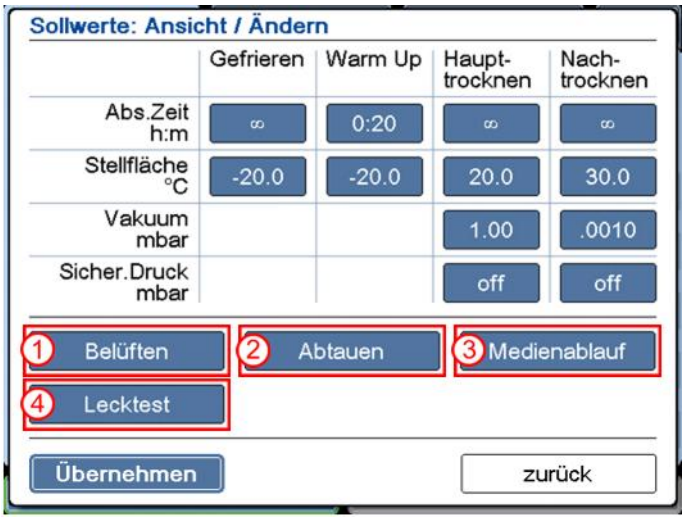
### 6.5.2.1 Sollwerteingaben im manuellen Modus

Für jede Phase sind Sollwerte hinterlegt. Für jeden Wert gibt es definierte Wertebereiche, die im jeweiligen Dialogfenster durch Drücken auf die Schaltflächen "min" oder "max." ermittelt werden können.

Zum Schutz des Produktes kann in jedem Trocknungsabschnitt ein → *Sicherheitsdruck* eingegeben werden.

Anzeigen oder Ändern der Sollwerte:

- Schaltfläche "Werte Ansicht/Ändern" auswählen (s. Kap. 6.5.1.1 - "**Hauptfenster "Manuell"**"). Es erscheint folgendes Dialogfenster:



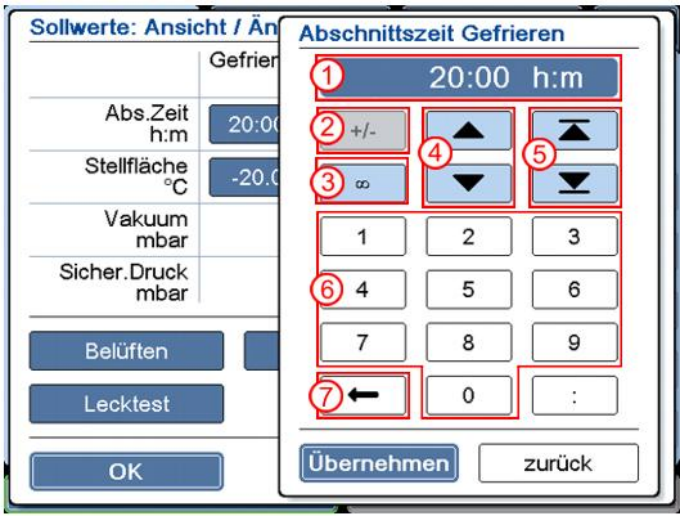

1 Schaltfläche "Belüften"
2 Schaltfläche "Abtauen"
3 Schaltfläche "Medien-ablauf" (Sonder-ausstattung)
4 Schaltfläche "Lecktest"

*Abb. 58: Dialogfenster "Sollwerte Ansicht / Ändern"*

Alle Felder, die als Schaltflächen gekennzeichnet sind, können geändert werden.

- Belüften (1)
  Ist die Gefriertrocknungsanlage mit einem automatischen Belüftungs-ventil ausgestattet, wird über dieses Fenster der Druck vorgewählt, bis zu dem belüftet werden soll.
- Abtauen (2)
  Mit Hilfe dieser Schaltfläche werden Abtauzeit und Abtautemperatur (nicht bei Warmwasser-Abtauung) vorgewählt. Außerdem wird hier festgelegt, ob nach dem Abtauvorgang die Betriebsart Medienablauf (Sonderausstattung, siehe unten) automatisch gestartet wird.
- Medienablauf (3)
  Ist die Gefriertrocknungsanlage mit einem automatischen Medienablauf für Kondensat oder ein anderes Medium ausgestattet, wird über diese Schaltfläche die Öffnungsdauer für den Medienablauf vorgewählt.
- → *Lecktest* (4)
  Bei Betätigen der Schaltfläche werden die Parameter angezeigt, mit denen der Lecktest durchgeführt wird. Zusätzlich müssen Testzeit und Kammervolumen angegeben werden (abhängig vom verwendeten Zubehör).

Alle numerischen Werte können über eine Zahlentastatur bearbeitet werden:




1 Sollwertanzeige
2 Vorzeichen ändern (z.B. bei der Eingabe von Temperaturwerten)
3 "∞" (unendlich)
4 Verändern des Wertes in definierten Schritten
5 Auswahl des maximal bzw. minimal möglichen Wertes
6 Eingabe eines Wertes über die Zahlentastatur
7 Löschen des angezeigten Wertes

*Abb. 59: Sollwerte ändern*

- Mit der Schaltfläche "Übernehmen" den neuen Wert bestätigen und die Zahlentastatur verlassen.
- Dialogfenster mit "Übernehmen" verlassen. Die Daten werden übernommen.
- Wird das Dialogfenster über die Schaltfläche "zurück" verlassen, werden die Änderungen verworfen.

### 6.5.3 Gefriertrocknung mit Programmgeber $PGM_{plus}$

Im Gegensatz zum manuellen Modus kann mit dem Programmgeber $PGM_{plus}$ ein kompletter Gefriertrocknungsprozess vollständig automatisch und unter reproduzierbaren Bedingungen ablaufen.

Ein Gefriertrocknungsprogramm ist in Abschnitte (1) gegliedert. Jedem Abschnitt im Programm werden bestimmte Sollwerte (2) zugewiesen. Ein Programm muss mindestens zwei Abschnitte und kann höchstens 64 Abschnitte haben. Insgesamt stehen 32 Programmplätze zur Verfügung.

In jedem Programm werden immer vier aufeinanderfolgende Abschnitte angezeigt, um den Zusammenhang darzustellen.

*Abb. 60: Darstellung eines Gefriertrocknungsprogramms*

**Programmabschnitte**

Der Programmgeber führt bei der Abarbeitung eines Gefriertrocknungsprogramms die erstellten Abschnitte der Reihe nach aus, bis der letzte Abschnitt beendet ist.

In den einzelnen Abschnitten werden dabei für Temperatur und Vakuum lineare Rampen berechnet, die mit dem Sollwert des vorhergehenden Abschnitts beginnen und mit dem Sollwert des aktuellen Abschnitts enden.

Von Abschnitt zu Abschnitt findet also kein Sprung des Sollwertes statt, sondern eine ständige Anpassung, so dass am Ende der eingestellten Zeit die vorgewählte Stellflächentemperatur erreicht ist.

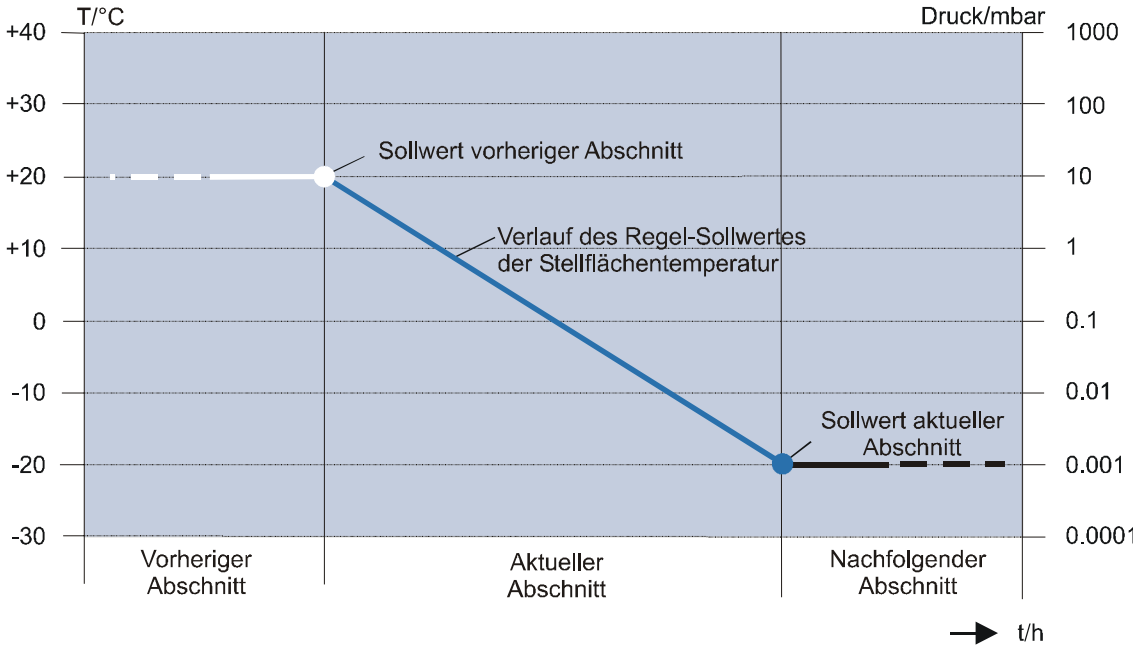



*Abb. 61: Grafische Darstellung der Veränderung des Regelsollwertes*

Zum Schutz des Produktes kann in jedem Trocknungsabschnitt ein → *Sicherheitsdruck* eingegeben werden.

**Weiterschaltbedingungen**

Damit alle Programmabschnitte automatisch abgearbeitet werden können, müssen am Ende jeden Abschnitts bestimmte Weiterschaltbedingungen erfüllt werden. Ist dies nicht der Fall – z.B. durch fehlerhafte Sollwertvorgaben – erscheint eine entsprechende Prozessmeldung, und der Abschnitt wird verlängert.

Eiskondensatortemperatur: Dieser Wert wird nur beim Übergang von Gefrieren (Beladen) zum Trocknen überprüft. Die Eiskondensatortemperatur muss ≤ -40°C betragen.

Vakuum: Dieser Wert wird nur während der Trocknungsphase überprüft. Das tatsächliche Vakuum darf max. 20% vom Sollwert abweichen. Bei einem Sollwert von 0,001 mbar (Endvakuum) erfolgt keine Überprüfung. Um das Vakuum schnellstmöglich zu erreichen, kann eine Abschnittszeit von 1 min vorgewählt werden. Da dies in der Praxis nicht realisierbar ist, wird eine Prozessmeldung in diesem Fall erstmals nach 15 Minuten ausgegeben.

ΔT Stellfläche: Dieser Wert definiert die zulässige Abweichung der Stellflächentemperatur von der Sollwertvorgabe. Am Abschnittsende wird die tatsächliche Temperatur der Stellflächen (bei WST Stellfläche 1) mit dem Sollwert verglichen. Liegt die Stellflächentemperatur außerhalb des gültigen Bereichs, wird der Abschnitt verlängert, bis die Abweichung in einem zulässigen Bereich ist.

ΔT Produkt: Dieser Wert gibt die zulässige Abweichung der Produkttemperatur von der Sollwertvorgabe an. In der Phase "Gefrieren" darf die Produkttemperatur um den definierten Wert nach oben abweichen; in der Trocknungsphase wird die Überschreitung der zulässigen Abweichung nach unten gemeldet.

LyoControl-Rx (optional bei Lyo Control LCplus): Der Wert LyoRx definiert den minimal zulässigen Wert des LyoControl-Sensors während der Trocknung. Wird dieser Grenzwert unterschritten, wird die Stellflächenheizung abgeschaltet, um so ein Auftauen des Produktes durch zuviel Energiezufuhr durch die Stellflächentemperierung zu verhindern. Die Überprüfung des LyoControl-Wertes erfolgt nur während der Trocknungsphasen Haupttrocknen und Nachtrocknen.

Δp Druckanstiegstest (optional): Je nach gewähltem Modus kann der Druckanstiegstest ebenfalls als Weiterschaltbedingung herangezogen werden (siehe (s. Kap. 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**"), Option: Druckanstiegstest). Im letzten Trocknungsabschnitt werden zwei Druckanstiegstests durchgeführt und ausgewertet. Sind beide Werte nicht größer als der vorgegebene Parameter "Druckanstieg", ist die Weiterschaltbedingung erfüllt. Ist dies nicht der Fall, wird der Abschnitt verlängert. Überschreitet der Istwert vor Ablauf der vorgewählten Zeit den Sollwert, wird der Test abgebrochen, um ein Antauen des Produktes zu verhindern.

ΔT Komparativ (optional): Dieser Wert gibt die Differenz zwischen Pirani- und kapazitiver Vakuummesssonde prozentual auf den Istwert der kapazitiven Vakuummesssonde bezogen an. Mit abnehmender Sublimationsrate verringert sich die Differenz; der Wert dient somit als Indikator zur Bestimmung des Trocknungsendes der Haupttrocknung. Ist der Sollwert zum Ende der Haupttrocknung nicht erreicht, wird der Abschnitt verlängert.

### Warm-up Phase der Vakuumpumpe

Neben der Abarbeitung der einzelnen Abschnitte steuert der Programmgeber $PGM_{plus}$ noch weitere Aufgaben, die während des Prozesslaufs durchgeführt werden sollen. Dazu gehört zum Beispiel das automatische Zuschalten der Vakuumpumpe.

Die WarmUp-Phase für die Vakuumpumpe wird vom Programmgeber $PGM_{plus}$ bei geschlossenem Drucksteuerventil direkt **vor** den ersten Trocknungsabschnitt in die Phase "Gefrieren" verlagert. Während des Warmlaufens der Vakuumpumpe bleibt das Drucksteuerventil geschlossen, so dass weder die Phase "Gefrieren" noch der Druck in der Trocknungskammer beeinflusst wird.

Die Dauer der WarmUp-Phase kann für jedes Programm separat festgelegt werden (s. Kap. 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**").

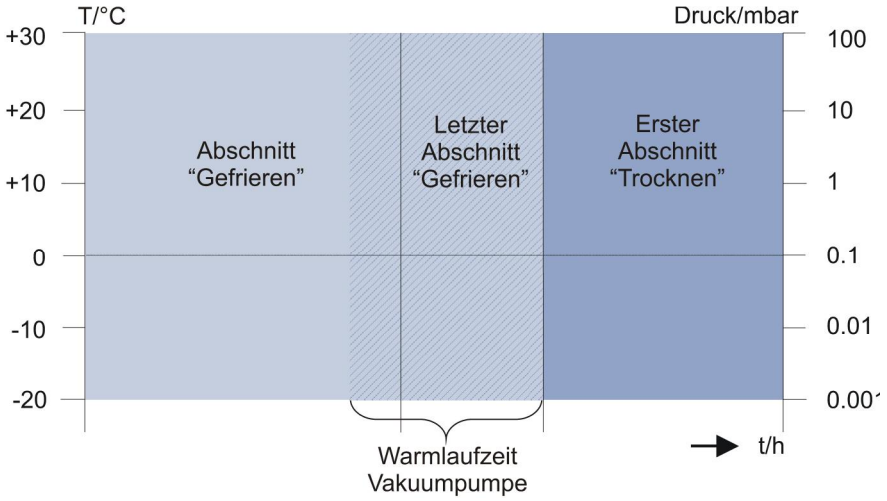
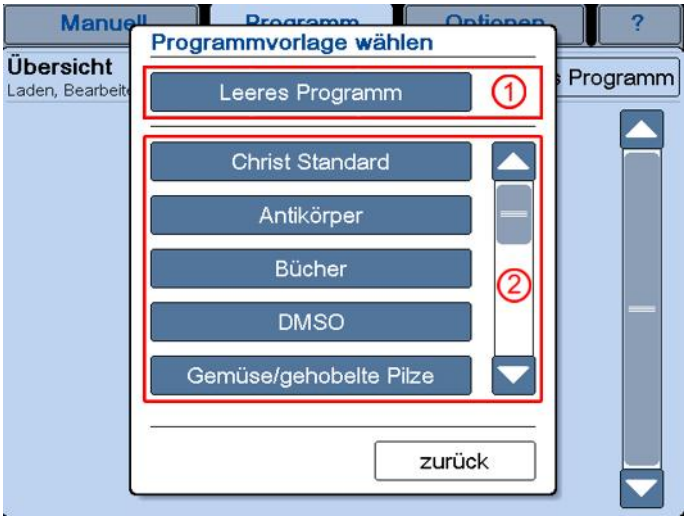



*Abb. 62: Die WarmUp-Phase der Vakuumpumpe wird direkt vor den ersten Trocknungsabschnitt in die Phase "Gefrieren" vorgelagert*

### 6.5.3.1 Programm erstellen

Um ein neues Programm zu erstellen:

- Im Hauptfenster "Programm" die Schaltfläche "Neues Programm" drücken. Es erscheint ein Dialogfenster, das verschiedene Programmvorlagen zur Auswahl anbietet. Die Bildlaufleiste am rechten Rand ermöglicht das Blättern in der Liste.




1 Leeres Programm erstellen
2 Programmvorlage auswählen

*Abb. 63: Dialogfenster Programmvorlage*

**Leeres Programm erstellen (1)**

Mit dieser Schaltfläche wird eine leere Programmvorlage aufgerufen. Lediglich Abschnitt 1 ist fest definiert als "Beladen". In dieser Phase werden die Startbedingungen des Programms festgelegt. Standardmäßig ist hier Raumtemperatur (20°C) vorgegeben.

**HINWEIS**

Wird das Produkt außerhalb der Gefriertrocknungsanlage eingefroren (Verfahren B), muss in Abschnitt 1 die Stellflächentemperatur angepasst werden.

Für alle weiteren Abschnitte müssen die Sollwerte definiert werden (siehe folgende Abbildung):

- Schaltfläche "Abschnitt einfügen" (4) drücken und die Position des Abschnitts und die Gefriertrocknungsphase auswählen. Der Abschnitt wird an der definierten Stelle eingefügt.
- Parameter des eingefügten Abschnitts anpassen. Nicht alle Werte sind in allen Gefriertrocknungsphasen verfügbar.
- Nächsten Abschnitt einfügen und bearbeiten.

**HINWEIS**

Beim Erstellen eines Programms muss die Reihenfolge der einzelnen Gefriertrocknungsphasen beibehalten werden. So ist es z.B. nicht möglich, einen Abschnitt "Gefrieren" nach einem Abschnitt "Haupttrocknen" einzufügen.

**Schaltflächen "Programm":**

1 "Programm"
2 "Programmname"
3 "Diagramm zeigen"
4 "Abschnitt einfügen"
5 "Abschnitt löschen"
6 weitere Funktionen und Sollwerte aufrufen
7 "Speichern"

*Abb. 64: Leere Programmvorlage bearbeiten*

- Mit der Schaltfläche "Abschnitt löschen" (5) können Abschnitte wieder entfernt werden.
- Über die Schaltfläche ">>mehr" (6) können abhängig vom Anlagentyp weitere Funktionen und Sollwerte programmbezogen eingegeben werden (siehe nachfolgende Abschnitte unten).
- Auf diese Weise ein komplettes Programm nach individuellen Vorgaben erstellen.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Diagramm" (3) wird das Programm grafisch dargestellt.
- Durch Drücken auf die Schaltfläche "Programmname" (2) erscheint ein Fenster, mit dem der Name verändert werden kann.
- Mit der Schaltfläche "Speichern" (7) kann das Programm jederzeit zwischendurch und nach beendeter Eingabe gesichert werden.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Programm" (1) wird zurück in das Hauptfenster gewechselt. Falls noch nicht geschehen, erfolgt noch eine Abfrage, ob das Programm gespeichert werden soll.

Dem Programm wird automatisch der erste freie Programmplatz zugewiesen. Es ist nun erstellt und kann geladen werden.

Schaltfläche ">>mehr"

Über die Schaltfläche ">>mehr" eines Programms können verschiedene Funktionen und Sollwerte programmbezogen eingegeben werden.

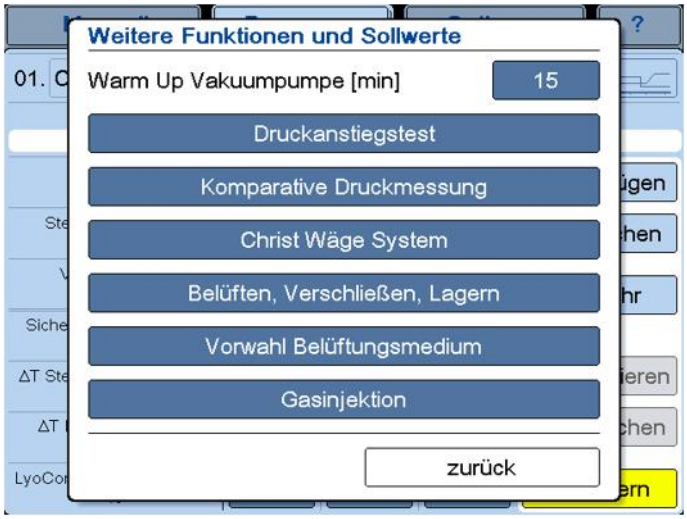



*Abb. 65: Auswahl programmbezogener Funktionen und Sollwerte*

*WarmUp Vakuumpumpe*

siehe Kapitel 6.5.3 - "**Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus**"

*Option: Druckanstiegstest (nur beim Zweikammer-Verfahren)*

Der → *Druckanstiegstest* kann nur dann ausgeführt werden, wenn die Gefriertrocknungsanlage mit einem Zwischenventil ausgerüstet ist.

**HINWEIS**

Die Anzeige des Messwertes "dp Test" kann im Kapitel 6.5.1.1 - "**Hauptfenster "Manuell""** unter "Istwerte aktueller Prozess" im Dialogfenster "Auswahl Istwert" konfiguriert werden.

Im Gegensatz zum Druckanstiegstest im manuellen Modus kann im Programmmodus durch mehrmaliges Drücken der Schaltfläche zwischen verschiedenen Ausführungsvarianten gewählt werden.

- Periodischer Druckanstiegstest:
  Der Test wird periodisch während der gesamten Haupt- bzw. Nachtrocknung ausgeführt. Es gelten die Parameter "Testzeit" und "Zeit zwischen den Tests". Der maximale Druckanstieg wird auf 100 %, bezogen auf den Istwert zu Beginn der Messung, begrenzt. Wird der Wert überschritten, erfolgt ein Abbruch des Druckanstiegstests, um ein Antauen des Produkts zu verhindern.
- Weiterschaltbedingung:
  Im letzten Haupttrocknungs- bzw. Nachtrocknungsabschnitt werden zwei Druckanstiegstests durchgeführt und ausgewertet. Der Startzeitpunkt wird von der Anlagensteuerung automatisch berechnet, es gelten die Parameter "Testzeit" und "Zeit zwischen den Tests". Sind die Werte des Druckanstiegs bei beiden Tests nicht größer als der vorgegebene Parameter "Druckanstieg", gilt der Trocknungsprozess unter den aktuell eingestellten Werten für Stellflächentemperatur und

Kammervakuum als abgeschlossen. Somit ist die Weiterschaltbedingung erfüllt, und der nächste Abschnitt wird eingeleitet.
Ist die Weiterschaltbedingung nicht erfüllt, wird eine Prozessmeldung ausgegeben, der aktuelle Abschnitt wird verlängert und weitere Druckanstiegstests periodisch ausgeführt, bis die Weiterschaltbedingung erfüllt ist. Überschreitet der Istwert vor Ablauf der vorgewählten Zeit den Sollwert, wird der Test abgebrochen, um ein Antauen des Produktes zu verhindern.

- Periodisch & Weiterschaltbedingung:
  Diese Variante ist eine Kombination der vorher beschriebenen Möglichkeiten. Der Test wird periodisch während der gesamten Haupt- bzw. Nachtrocknung ausgeführt. Der maximale Druckanstieg wird auf 100 %, bezogen auf den Istwert zu Beginn der Messung, begrenzt. Überschreitet der Istwert vor Ablauf der vorgewählten Zeit den Sollwert, wird der Test abgebrochen, um ein Antauen des Produktes zu verhindern.
  Sind die Werte des Druckanstiegs bei beiden Tests nicht größer als der vorgegebene Parameter "Druckanstieg", gilt der Trocknungsprozess unter den aktuell eingestellten Werten für Stellflächentemperatur und Kammervakuum als abgeschlossen. Somit ist die Weiterschaltbedingung erfüllt, und der nächste Abschnitt wird eingeleitet.
  Ist die Weiterschaltbedingung nicht erfüllt, wird eine Prozessmeldung ausgegeben, der aktuelle Abschnitt wird verlängert und weitere Druckanstiegstests periodisch ausgeführt, bis die Weiterschaltbedingung erfüllt ist.
- Deaktiviert:
  Es wird kein Druckanstiegstest während der Haupt- bzw. Nachtrocknung durchgeführt. Eine Auswertung findet nicht statt.

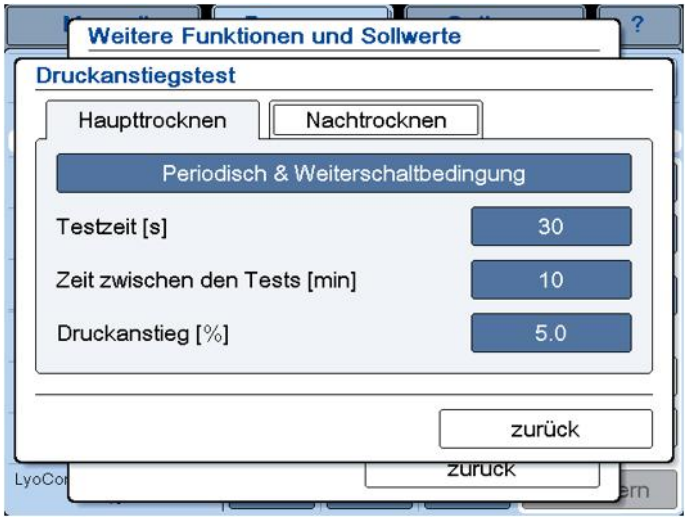



*Abb. 66: Dialogfenster "Druckanstiegstest" im Programmmodus*

*Option: Komparative Druckmessung*
*(s. Kap. 6.6 - "**Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen**")*

**HINWEIS**

Die Anzeige des Messwertes "dp Komp" kann im Kapitel 6.5.1.1 - "**Hauptfenster "Manuell""** unter "Istwerte aktueller Prozess" im Dialogfenster "Auswahl Istwert" konfiguriert werden.

Durch Drücken der Schaltfläche im Dialogfenster kann die komparative Druckmessung aktiviert bzw. deaktiviert werden.

- Weiterschaltbedingung:
  Liegt der Differenzwert zwischen Pirani- und kapazitiver Vakuummesssonde am Ende des letzten Haupttrocknungsabschnitts unter dem Sollwert "△p Komparativ", gilt der Trocknungsprozess unter den aktuell eingestellten Werten für Stellflächentemperatur und Kammervakuum als abgeschlossen. Somit ist die Weiterschaltbedingung erfüllt, und der nächste Abschnitt wird eingeleitet.
  Ist die Weiterschaltbedingung nicht erfüllt, wird eine Prozessmeldung ausgegeben, der aktuelle Abschnitt wird verlängert und weitere Druckanstiegstests periodisch ausgeführt, bis die Weiterschaltbedingung erfüllt ist.
- Deaktiviert:
  Es wird keine komparative Druckmessung während der Haupttrocknung durchgeführt. Eine Auswertung findet nicht statt.

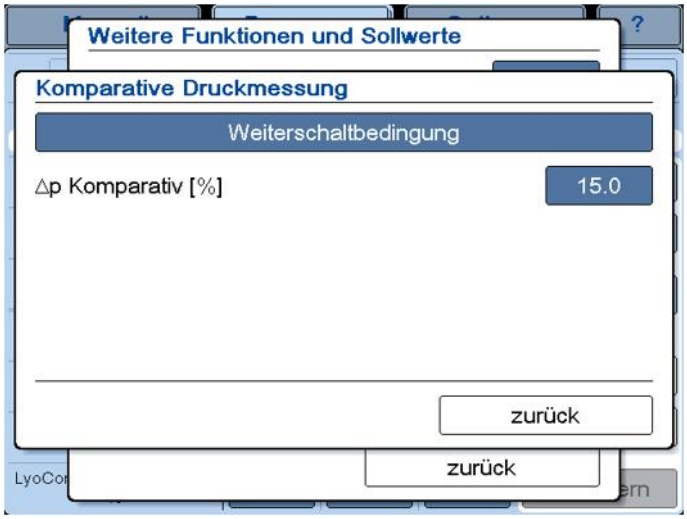



*Abb. 67: Dialogfenster "Komparative Druckmessung"*

*Option: Wägesystem*

Ist die Gefriertrocknungsanlage mit dem Wägesystem "LyoBalance" ausgerüstet (s. Kap. 6.6 - "**Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen**"), werden die Parameter in diesem Dialogfenster konfiguriert.

**HINWEIS**

Separate Bedienungsanleitung des Wägesystems beachten!

*Option: Belüften, Verschließen, Lagern*

(s. Kap. 6.6 - "**Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen**")

1 Schaltfläche zur Auswahl der Variante
2 Sollwert "Belüften"
3 Sollwert "Belüften nach Verschließen"
4 Sollwert Verschluss-dauer
5 Sollwert Lager-temperatur

*Abb. 68: Dialogfenster "Belüften, Verschließen, Lagern"*

Durch mehrmaliges Betätigen der Schaltfläche kann zwischen folgenden Varianten gewählt werden:

- deaktiviert
- Belüften (auf den Wert "Belüften") mit anschließendem Lagern
- Verschließen (bei Trocknungsvakuum gefolgt von Belüften auf Atmosphärendruck) mit anschließendem Lagern
- Belüften (auf den Wert "Belüften "), Verschließen (gefolgt von Belüften auf Atmosphärendruck) mit anschließendem Lagern

Die Sollwerte der einzelnen Parameter können durch Betätigen der jeweiligen Schaltfläche angepasst werden, wenn die Schaltfläche blau hinterlegt ist.

Ablauf der Belüften-(Verschließen)-Lagern-Prozedur:

1. Belüften auf das gewünschte Partialvakuum (Wert "Belüften): Nachdem der eigentliche Gefriertrocknungsprozess beendet ist, wird der Eiskondensator weiterhin gekühlt, und die Stellflächen werden auf der Temperatur des letzten Trocknungsabschnittes gehalten. Die Anlage wird bis zum Erreichen des gewünschten Partialvakuums (Wert "Belüften", siehe Abbildung oben, Pos. 2) belüftet.

**HINWEIS**

Das Verschließen ist bei einem Kammerdruck unterhalb 900 mbar durchzuführen, um zu verhindern, dass später bei niedrigem Umgebungs-Luftdruck die Stopfen aus den Fläschchen gedrückt werden.

2. Verschließen gefolgt von Belüften auf Atmosphärendruck
   Während der Eiskondensator weiterhin gekühlt und die Stellflächen-temperatur beibehalten wird, fahren die Stellflächen zusammen, um die Lyo-Stopfen in die Produktfläschchen zu drücken. Der Einpressdruck wird über die spezifische Dauer "Verschließen" (Abbildung oben, Pos.4) aufrechterhalten. Die anschließende Endbelüftung geschieht in zwei

Stufen. Zunächst wird bis auf das unter "Belüften nach Verschließen" (Abbildung oben, Pos. 3) angegebene Partialvakuum belüftet. Danach werden die Stellflächen wieder in die Trocknungsposition auseinander gefahren. Erst dann wird bis auf Atmosphärendruck belüftet. Dieses Verfahren verhindert einerseits ein Herausspringen der Stopfen (wenn die Stellflächen ohne vorherige Belüftung auseinander gefahren werden), und andererseits ein Anhaften der Stopfen an den Stellflächen (wenn die Stellflächen erst nach vollständiger Belüftung bis auf Atmosphärendruck auseinander gefahren werden).

3. Lagern unter definierten Bedingungen
   Die Stellflächen werden auf die eingestellte Lagerungstemperatur "Lagern" (siehe Abbildung oben, Pos. 5) geregelt, um das Produkt unter optimalen Bedingungen zu lagern. Diese Bedingungen werden konstant gehalten, bis die Anlage zum Entladen manuell in den Standby-Modus geschaltet wird.

**HINWEIS**

Wurde die Variante "Belüften, Lagern" gewählt, erfolgt das Lagern unter dem Druck "Belüften". In diesem Fall muss die Anlage vor dem Öffnen der Beladetür manuell auf Atmosphärendruck belüftet werden.

| Parameter | Nr. | Wertebereich | Standardeinstellung |
|---|---|---|---|
| Belüften | 2 | 100 mbar…1000 mbar | 500 mbar |
| Belüften nach Verschließen | 3 | 100 mbar…1000 mbar | 500 mbar |
| Verschließen | 4 | 1 Sek….999 Sek | 10 |
| Lagern | 5 | -99,9°C…99,9°C | 20°C |

*Sonderausstattung: Vorwahl Belüftungsmedium*

Bei der Ausstattung der Anlage mit einem automatischen Belüftungsventil und automatischen Ventilen zur Medienvorwahl wird über dieses Dialogfenster das Belüftungsmedium vorgewählt, das dann während der Ausführung eines Programms für alle Belüftungsmedium-Anforderungen verwendet wird.

*Abb. 69: Dialogfenster "Vorwahl Belüftungsmedium"*

Falls die Vakuumregelung mit kontrolliertem Gaseinlass (Injektion) arbeitet, erfolgt diese mit dem vorgewählten Medium. Falls die Anlage mit der Option "Belüften, Verschließen, Lagern" ausgestattet ist, wird auch hierbei das vorgewählte Medium sowohl für das Belüften bis zum Verschließen (Rückbefüllung) als auch für das abschließende Belüften auf Atmosphärendruck verwendet.

Die folgenden Medienvorwahl-Einstellungen sind möglich:

- Luft: wählt den Medienanschluss "Luft" vor.
- Inertgas: wählt den Medienanschluss "Inertgas" vor.
- Automatik: automatische Medienanschlussvorwahl, abhängig vom Kammerdruck und Verschlussstatus der Produktfläschchen:
  - Kammerdruck ≥ 950 mbar oder Produktfläschchen bereits mittels BVL verschlossen: Vorwahl des Medienanschlusses "Luft".
  - Kammerdruck < 950 mbar und Produktfläschchen noch nicht mittels BVL verschlossen: Vorwahl des Medienanschlusses "Inertgas".

Damit können beim automatischen "Belüften, Verschließen, Lagern" (BVL) die Rückbefüllung mit Inertgas und das anschließende Belüften der Kammer auf Atmosphärendruck automatisch mit Luft ausgeführt werden.

*Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil*

siehe Kapitel 6.5.1.3 - "**Hauptfenster "Optionen""** / Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil

**Programmvorlagen (2)**

Der Programmgeber $PGM_{plus}$ bietet außerdem 14 verschiedene Programmvorlagen, die Rezepte für die unterschiedlichsten Anwendungen der Gefriertrocknung beinhalten. Sie dienen als Orientierungsvorschlag und müssen dem individuellen Einsatzbereich angepasst werden.

Nach Auswahl einer Programmvorlage erscheint ein Fenster mit Informationen zum Trocknungsverfahren.

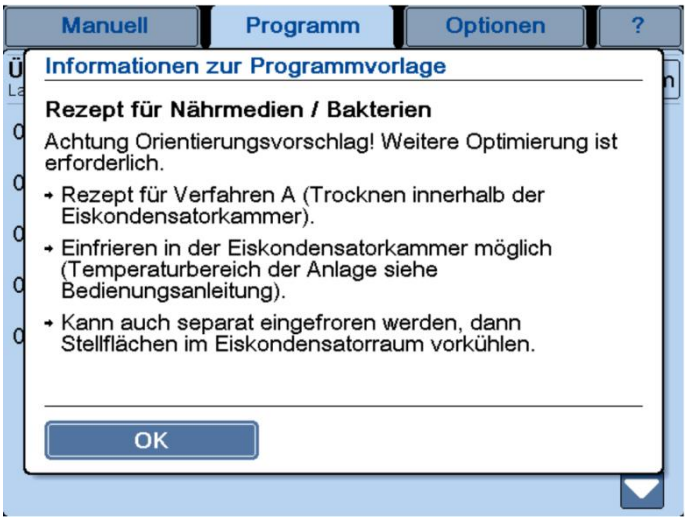

Manuell
Programm
Optionen
?
Informationen zur Programmvorlage
Rezept für Nährmedien / Bakterien
Achtung Orientierungsvorschlag! Weitere Optimierung ist erforderlich.
Rezept für Verfahren A (Trocknen innerhalb der Eiskondensatorkammer).
Einfrieren in der Eiskondensatorkammer möglich (Temperaturbereich der Anlage siehe Bedienungsanleitung).
Kann auch separat eingefroren werden, dann Stellflächen im Eiskondensatorraum vorkühlen.
OK

*Abb. 70: Informationen zur Programmvorlage, hier: Rezept für Nährmedien / Bakterien*

Nach Bestätigen der Information wird die Programmvorlage angezeigt.

- Wie bei einem leeren Programm können Abschnitte hinzugefügt oder gelöscht und die Sollwerte entsprechend angepasst werden.

### 6.5.3.2 Programm bearbeiten

Ein bestehendes Programm kann modifiziert werden, solange es nicht geladen ist.

- Im Hauptfenster "Programm" aus der Liste das Programm auswählen, das bearbeitet werden soll.
- Durch Drücken der Schaltfläche mit dem Programmnamen öffnet sich das Fenster mit den Programmdaten zur Bearbeitung.
- Änderungen durchführen und speichern (s. Kap. 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**").
- Dialogfenster durch Drücken der Schaltfläche "Programm" verlassen.

Das Programm ist jetzt auf dem bestehenden Programmplatz geändert.

**HINWEIS**

Es ist möglich, während eines Programmlaufs in den manuellen Modus zu wechseln, z.B. um ein Programm während der Laufzeit zu ändern. Durch Anwählen des gewünschten Startabschnitts und einer Startzeit kann der Zeitpunkt des Programms bestimmt werden, an dem der Lauf fortgesetzt wird.

### 6.5.3.3 Programm kopieren

Soll ein neues Programm auf der Basis eines bereits bestehenden Programms erstellt werden, kann das bereits vorhandene Programm kopiert werden. Voraussetzung ist ein freier Programmplatz.

- Im Hauptfenster "Programm" aus der Liste das Programm auswählen, das kopiert werden soll.
- Durch Drücken der Schaltfläche mit dem Programmnamen öffnet sich das Fenster mit den Programmdaten.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Programm kopieren" wird eine Kopie des Programms erstellt.
- Kopie bearbeiten und speichern (s. Kap. 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**").
- Dialogfenster durch Drücken der Schaltfläche "Programm" verlassen.

Dem Programm wird automatisch der erste freie Programmplatz zugewiesen.

### 6.5.3.4 Programm laden

Soll ein Gefriertrocknungsprozess programmgesteuert ausgeführt werden, muss dazu ein Programm geladen werden.

- Das Hauptfenster "Programm" aufrufen. Dort wird die Liste mit allen gespeicherten Programmen angezeigt.
- Schaltfläche "Laden" hinter dem Programmnamen drücken. Es erscheint ein Dialogfenster, in dem Startabschnitt, Startzeit oder Starttemperatur individuell angepasst werden können. Über die Schaltfläche "Info" kann eine Programminformation zu dem aktiven Programm aufgerufen werden, die Angaben zu Restlaufzeit und Programmende beinhaltet.

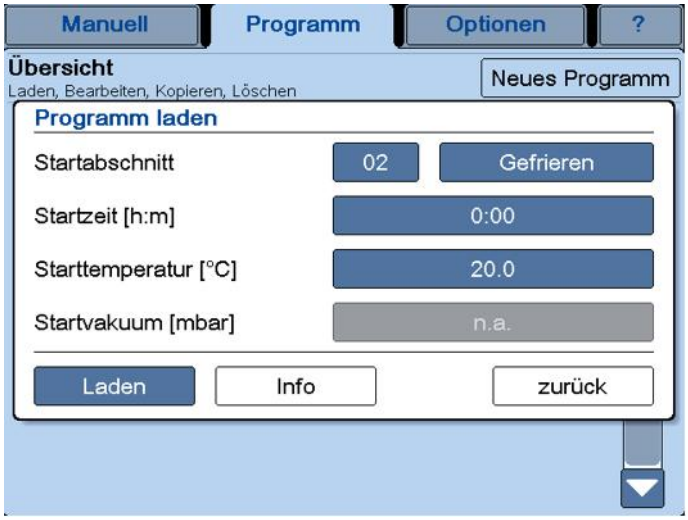



*Abb. 71: Dialogfenster "Programm laden"*

- Durch Drücken der Schaltfläche "Laden" werden die Programmdaten übernommen. Das Display wechselt in die Standard-Bedienoberfläche.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Programm starten" wird der Gefriertrocknungsprozess in Gang gesetzt.

*Abb. 72: Mit "Programm starten" wird der Gefriertrocknungsprozess in Gang gesetzt.*

- Während des Gefriertrocknungsprozesses kann über das Hauptfenster "Programm" und die Schaltfläche "Info" die Programminformation zu dem aktiven Programm ebenfalls aufgerufen werden.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Stopp" wechselt die Anlage in den Betriebszustand Standby – Manuell Gefrieren.

**HINWEIS**

Standardmäßig wird das Programm mit dem Abschnitt 02 "Gefrieren" begonnen. Soll das Programm mit Abschnitt 01 "Beladen" gestartet werden, muss dieser Abschnitt manuell ausgewählt werden. In diesem Fall erscheint nach dem Starten des Programms die Schaltfläche "Programm weiterschalten". Ist der Beladevorgang abgeschlossen, wird das Programm durch Betätigen dieser Schaltfläche fortgesetzt.

### 6.5.3.5 Programm löschen

Im Programmgeber $PGM_{plus}$ stehen 32 Programmplätze zur Verfügung. Sind alle belegt, muss ein Programm gelöscht werden, bevor ein neues erstellt werden kann.

- Im Hauptfenster "Programm" aus der Liste das Programm auswählen, das gelöscht werden soll.
- Durch Drücken der Schaltfläche mit dem Programmnamen öffnet sich das Fenster mit den Programmdaten.
- Schaltfläche "Programm löschen" drücken. Es erscheint ein Dialogfenster mit einer Rückfrage.
- Nach Bestätigen der Rückfrage wird das Programm gelöscht.

Der Programmplatz in der Liste ist jetzt frei. Die Nummer wird nicht mehr aufgeführt.

## 6.6 Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen

**Belüften, Verschließen, Lagern**

siehe auch Kapitel 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**", Schaltfläche ">>mehr"

Diese Option ist nur in Verbindung mit dem Programmgeber $PGM_{plus}$ und für Anlagen mit automatischem Belüftungsventil und hydraulisch verfahrbaren Stellflächen einsetzbar. Sie ermöglicht das automatische Verschließen der Produktfläschchen mit vorher eingesetzten Gummistopfen unter Partialvakuum sowie das anschließende Lagern auf den Stellflächen unter definierten Bedingungen als integraler Bestandsteil eines Trocknungsprogramms.

**Druckanstiegstest**

siehe auch Kapitel 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**", Schaltfläche ">>mehr"

Der Druckanstiegstest kann nur beim → *Zweikammer-Verfahren* durchgeführt werden. Während des Druckanstiegstests verhindert das Zwischenventil den Dampffluss von der Trocknungskammer zum Eiskondensator, so dass der Wasserdampf der → *Sublimation* nicht abströmen kann. Die Folge ist ein mehr oder weniger starker Druckanstieg, der in der Produktkammer gemessen wird. Der Druckanstiegstest wird als automatisches Umschaltkriterium zwischen Haupt- und Nachtrocknung sowie zur Erkennung des Prozessendes herangezogen.

**Gasinjektion mit Proportionalventil**

siehe auch Kapitel 6.5.1.3 - "**Hauptfenster "Optionen"**", Absatz "Allgemein"

Verfügt die Gefriertrocknungsanlage über ein Proportional-Gasinjektionsventil, kann das zu verwendende Verfahren zur Vakuumregelung vorgewählt werden. Das Verfahren kann rezeptbezogen abgelegt werden.

**Komparative Druckmessung**

siehe auch Kapitel 6.5.3.1 - "**Programm erstellen**", Schaltfläche ">>mehr"

Die gasartabhängige Vakuummesssonde der Trocknungskammer nach "Pirani" (z.B. Thyracont VSP62/63) zeigt während der Sublimation, also bei höher Konzentration bei Wasserdampfmolekülen in der Atmosphäre, eine Abweichnung gegenüber einer kapazitiven Vakuummesssonde (z.B. MKS 722B). Nimmt der Anteil an Wasserdampfmolekülen zum Ende der Haupttrocknung ab, gleichen sich die Sensoren einander an. Diese Differenz wird ausgewertet und als Indikator zur Erkennung des Trocknungsendes der Haupttrocknung genutzt.

**Vorwahl Belüftungsmedium**

siehe auch Kapitel 6.5.1.3 - "**Hauptfenster "Optionen"**", Absatz "Allgemein"

Bei Ausstattung der Gefriertrocknungsanlage mit einem automatischen Belüftungsventil sowie automatischen Ventilen zur Medienvorwahl kann ein spezielles, für alle Belüftungsmedium-Anforderungen zu verwendendes Medium vorgewählt werden, das vom Beginn der Haupttrocknung an eingesetzt wird.

**Wägesystem**

siehe auch Kapitel 6.5.1.1 - "**Hauptfenster "Manuell""**, Dialogfenster "Tools"

Das Wägesystem bietet die Möglichkeit, den Gewichtsverlust eines Produktes während einer Gefriertrocknung zu ermitteln. Die aus dem Gewichtsverlust resultierende Trocknungsrate gibt Auskunft über den Fortschritt der Trocknung und unterstützt den Anwender bei der Trocknungsendebestimmung bzw. der Optimierung der Prozessparamater

**LyoControl $LC_{plus}$ Messsystem**

Mit Hilfe des Lyo Control $LC_{plus}$ Messsystems ist es möglich, den Kristallationszustand des Produktes zu bestimmen. Im flüssigen Zustand ist der elektrische Widerstand sehr gering. Während des Gefrierens steigt der Widerstand an. Der LyoRx Control Sensor misst diesen elektrischen Widerstand.

**$LyoLog_{plus}$ Messdatenerfassung**

$LyoLog_{plus}$ ist eine von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH entwickelte Software zur Messdatenaufzeichnung, die speziell auf die Anforderungen der Gefriertrocknung zugeschnitten ist. Neben der graphischen Darstellung der Messwerte des aktuellen wie auch bereits abgeschlossener Prozesse ist auch der Datenexport für weitere Auswertungen möglich.

**$LPC_{plus}$ SCADA System**

Das $LPC_{plus}$ System besteht aus der von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH entwickelten SCADA-Software (Supervisory Control And Data Acquisition) $LPC_{plus}$ und einem dazugehörigen PC. Dieses Prozessleitsystem ist mit der $LSC_{plus}$-Steuerungseinheit der Gefriertrocknungsanlage via Ethernet verbunden und erlaubt sowohl die Bedienung aller Gefriertrocknungsfunktionen wie auch die Prozessaufzeichnung (Messdaten und Ereignisse), Prozessdokumentation und Datensicherung. Weiterhin ermöglicht das System die komfortable Verwaltung von Gefriertrocknungsprogrammen /-rezepten sowie die Benutzerverwaltung.

## 6.7 Ausschalten

Die Gefriertrocknungsanlage muss sich im Standby-Status befinden.

- Anlagensteuerung am Netzschalter ausschalten.
- Durch Betätigen des Hauptschalters wird die Gefriertrocknungsanlage vom Stromnetz getrennt.

# 7 Störungen und Fehlersuche

Störungen werden im Dialogfenster "Prozess & Anlagenmeldungen" angezeigt (s. Kap. 7.2 - "**Prozess- und Fehlermeldungen**"). Ein akustisches Signal ertönt mit Erscheinen der Fehlermeldung.

- Fehlerquelle beheben (siehe folgende Kapitel).
- Fehlermeldungen quittieren.

## 7.1 Allgemeine Störungen

| Fehlerart | mögliche Ursache | Behebung |
|---|---|---|
| **Keine Anzeige auf dem Display** | • Netzausfall (s. Kap. 7.1.1 - "**Netzausfall**")<br>• Netzstecker steckt nicht·<br>• Sicherungen haben ausgelöst·<br>• Netzschalter aus<br>• Hauptschalter aus | • Netzsicherung überprüfen<br>• Netzstecker fest einstecken<br>• Überprüfen der bauseitigen Sicherungen·<br>• Netzschalter einschalten<br>• Hauptschalter einschalten |
| **Touch panel reagiert nicht oder nicht korrekt** | • Sensibilität des Panels ist verstellt | • Service verständigen (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**") |
| **Passworteingabe schlägt fehl** | • Falsches Passwort eingegeben | • Administrator verständigen·<br>• Bei Verlust des Administratorkennworts: Service verständigen (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**") |
| **Kein ausreichendes Vakuum** | • Kleinflanschverbindung(en) nicht korrekt verbunden | • Verbindung lösen, Zentrierring mit innenliegendem Dichtring zentrisch zwischen die Flanschanschlüsse setzen und mit dem Spannring verbinden. Der Zentrierring darf nicht verrutschen oder verkanten |
| | • Verunreinigungen oder Beschädigungen an der Deckel-/Türdichtung | • Deckel-/Türdichtung reinigen und ggf. austauschen |
| | • Schliffstopfen der aufgesetzten Trocknungskammer ist nicht korrekt eingesetzt | • Schliffstopfen gleichmäßig und auf die gesamte Dichtfläche verteilt mit Vakuumfett einfetten |
| **Undichtigkeit im Medienablaufventil** | • Das Medienablaufventil ist mit Trocknungsrückständen oder Wollteilchen von Putztüchern verunreinigt·<br>• Die O-Ringe sind verschlissen | • Medienablaufventil reinigen (s. Kap. 8.1.1.3 - "**Belüftungsventil, Medienablaufventil**"), ggf. austauschen.<br>• O-Ringe austauschen. |
| **Undichtigkeit in einem Gummiventil** | • Verunreinigungen im Ventil | • Ventile einzeln prüfen (s. Kap. 7.1.2.4 - "**Gummiventile**") |

| Fehlerart | mögliche Ursache | Behebung |
|---|---|---|
| **Angezeigter Vakuumwert nicht korrekt** | • Abgleich fehlerhaft<br>• Vakuummesssonde verunreinigt (z.B. durch Wasserrückstände)·<br>• Vakuummesssonde defekt | • Vakuummesssonde abgleichen (siehe separate Betriebsanleitung der Vakuummesssonde)·<br>• Vakuummesssonde reinigen<br>• Vakuumanzeige mit einem Vergleichsgerät kontrollieren (wenn vorhanden)<br>• siehe Kapitel 7.1.2.5 - "**Vakuummesssonde**" |
| **Vakuumpumpe schaltet nicht zu** | • siehe separate Betriebs-anleitung der Vakuumpumpe | • siehe separate Betriebsanleitung der Vakuumpumpe |
| **Keine ausreichende Eiskondensator- oder Stellflächentemperatur** | • Überdruckschalter des Kälteaggregats hat ausgelöst<br>• Thermischer Motorschutz hat ausgelöst | • Anlage abkühlen lassen·<br>• Für ausreichende Luftzirkulation sorgen (s. Kap. 7.1.3 - "**Eiskondensator- und Stellflächentemperatur**") |

**HINWEIS**

Sollten sich die Fehler nicht beheben lassen: Christ Service verständigen!

### 7.1.1 Netzausfall

Die Anlagensteuerung setzt den Prozess nach einem Netzausfall fort. Die vorgewählten Bedingungen bleiben auch beim Prozessablauf gespeichert.

Durch einen Netzausfall während der Trocknung kann die eingesetzte Charge unbrauchbar werden. Ob dies der Fall ist, hängt davon ab, in welcher Trocknungsphase sich das Produkt zur Zeit des Netzausfalls befindet.

- Befindet sich das Gut in der Nachtrocknung, hat der Restwassergehalt einen Wert von 5% erreicht. Unterhalb dieses Wertes wird das Produkt auch bei längerem Stromausfall im Allgemeinen nicht mehr geschädigt.
- Befindet sich das Gut in der Haupttrocknung, sollte die Anlage belüftet und das Gut entnommen und in eine Kühltruhe umgesetzt werden. Vor der weiteren Inbetriebnahme muss das angetaute Kondensat abgelassen werden.

### 7.1.2 Kein ausreichendes Vakuum

**HINWEIS**

Vakuumkontrollen sind bei tiefgekühltem Eiskondensator durchzuführen.

#### 7.1.2.1 Kleinflanschverbindungen

Ursachen für Undichtigkeiten sind häufig unkorrekt sitzende Kleinflanschverbindungen zwischen Aggregaten und Schlauchverbindungen oder Undichtigkeiten in den Ventilen.

- Verbindungen lösen und den Zentrierring (mit innenliegendem Dichtring) erneut zentrisch zwischen die zu verbindenden Flanschanschlüsse setzen.
- Verbindung mit dem Spannring durch Festziehen der Flügelmutter schließen.
- Der Zentrierring darf dabei nicht verrutschen oder verkanten!

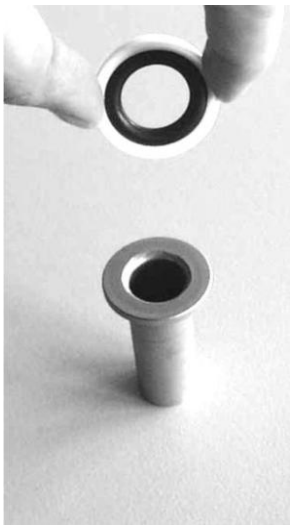


*Abb. 73: Kleinflansch und Zentrierring*

*Abb. 74: Kleinflansch und Zentrierring mit Kleinflansch*

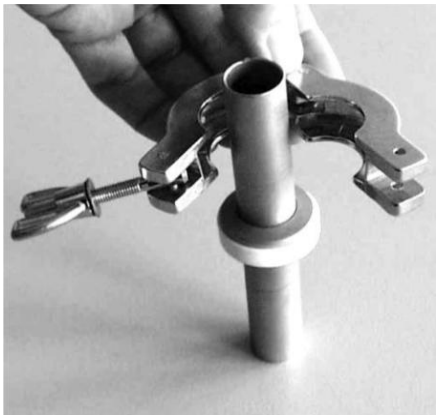


*Abb. 75: Ansetzen des Spannrings*

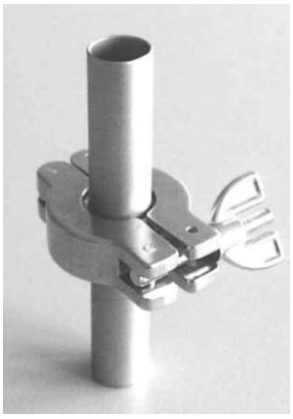


*Abb. 76: Festziehen des Spannrings*

#### 7.1.2.2 Belüftungsventil, Medienablaufventil

Eine Fehlfunktion des Belüftungs- oder Medienablaufventils kann diverse Ursachen haben. Eine mögliche Ursache sind Verunreinigungen durch Produktrückstände o.ä.

- Gefriertrocknungsanlage ausschalten und Netzstecker ziehen.
- Ventil reinigen (s. Kap. 8.1.1.3 - "**Belüftungsventil, Medienablaufventil**").
- Anlage wieder in Betrieb nehmen.

Liegt weiterhin eine Undichtigkeit vor, muss die Gefriertrocknungsanlage von authorisiertem Fachpersonal überprüft werden (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**").

#### 7.1.2.3 Drucksteuerventil

Eine Fehlfunktion des Drucksteuerventils kann diverse Ursachen haben.

**HINWEIS**

Die Überprüfung des Ventils muss durch autorisiertes Fachpersonal erfolgen (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**")

#### 7.1.2.4 Gummiventile

Um ein undichtes Gummiventil zu finden, muss jedes Ventil einzeln überprüft werden:

- Gummiventil abziehen und Anschluss an der Trocknungskammer mit einem Gummistopfen verschließen.
- Dichtigkeit unter Vakuum prüfen, bis das undichte Ventil lokalisiert ist.
- Ventil reinigen und ggf. austauschen.

#### 7.1.2.5 Vakuummesssonde

Vakuummesssonden besitzen nur eine begrenzte Lebensdauer und sind als Ersatzteil erhältlich (z.B. VSP62/63, Best.-Nr. 125468).

Überprüfung der Funktionsfähigkeit:

- Vakuummesssonde direkt an den Saugstutzen der Vakuumpumpe anschließen.

Wird ein Enddruck von mind. 0,011 mbar erreicht (bei betriebswarmer Vakuumpumpe), sind Sonde und Vakuumpumpe in Ordnung.

### 7.1.3 Eiskondensator- und Stellflächentemperatur

**VORSICHT**

Auf ausreichende Belüftung achten. Keine Papiere, Tücher oder ähnliches hinter oder unter das Gerät schieben, da sonst die Luftzirkulation nicht gewährleistet ist.

Das Kälteaggregat ist mit einer Schutzeinrichtung gegen Überdruck im Kältesystem und einem thermischen Motorschutz ausgerüstet.

Die Schutzeinrichtungen lösen aus

- bei zu hohen Umgebungstemperaturen
- bei unzureichender Luftzirkulation durch den Kälteanlagen-wärmetauscher
- bei Überlastung des Kältesystems.

Die Kältemaschine wird in diesen Fällen automatisch abgeschaltet. Werden nach einigen Minuten Abkühlzeit die zulässigen Betriebsbedingungen wieder erreicht, schaltet das Kälteaggregat selbständig wieder ein.

Die Störungen werden über das Prozess- und Anlagen Info-Fenster angezeigt.

Die minimale Eiskondensatortemperatur von ca. –85°C wird erreicht, wenn der Eiskondensator unbelastet und die Eiskondensatorkammer evakuiert ist.

## 7.2 Prozess- und Fehlermeldungen

Alle angezeigten Texte der Prozess- und Fehlermeldungen der **$LSC_{plus}$**-Steuerung werden in vollem Umfang durch die Steuerung angezeigt und sind dieser Betriebsanleitung deshalb nicht beigefügt.

Sie können diese Unterlagen im Internet unter www.martinchrist.de mit dem Formular "Serviceanforderung" bei uns anfordern.

## 7.3 Kontakt im Servicefall

Bei Rückfragen, bei Störungen oder Ersatzteilanfragen:

**aus Deutschland:**

- Nutzen Sie die **Serviceanforderung** online unter www.martinchrist.de → [Servicebereich]

oder setzen Sie sich in Verbindung mit

- Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH
  An der Unteren Söse 50
  37520 Osterode
  Tel. +49 (0) 55 22 / 50 07-33 33
  E-mail: support.epsilon@martinchrist.de

**außerhalb Deutschlands:**

- Setzen Sie sich mit unserer Vertretung Ihres Landes in Verbindung. Die Adresse finden Sie unter
  www.martinchrist.de → [Kontakte] → [Auslandsvertretungen]

**HINWEIS**

- Bei Inanspruchnahme des Kundendienstes stets den Gerätetyp und die Fabriknummer angeben.
- Serviceanforderung direkt über das Internet nutzen (siehe oben).

# 8 Wartung und Instandhaltung

Gefriertrocknungsanlage und Zubehör sind hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Eine sorgfältige Pflege durch den Benutzer verlängert die Lebensdauer und verhindert den vorzeitigen Ausfall.

**VORSICHT**

Kommt es wegen mangelnder Pflege zu Korrosionsbildung oder Folgeschäden, kann beim Hersteller kein Garantieanspruch und keine Haftung geltend gemacht werden.

- Zur Reinigung der Gefriertrocknungsanlage und des Zubehörs Seifenwasser oder andere wasserlösliche, milde Reinigungsmittel verwenden.
- Keine ätzenden und aggressiven Stoffe verwenden.
- Keine Lösemittel verwenden.
- Keine Mittel mit Scheuer- oder Schürfbestandteilen verwenden.
- Gefriertrocknungsanlage und Zubehör dürfen keiner intensiven UV-Strahlung (z.B. Sonneneinstrahlung) sowie thermischen Belastungen (z.B. durch Wärmeerzeuger) ausgesetzt werden.
- Die Anlage darf zum Reinigen nicht auf den Kopf gestellt werden.

## 8.1 Wartungsarbeiten

### 8.1.1 Gefriertrocknungsanlage

- Vor der Reinigung der Gefriertrocknungsanlage Gerät am Netzschalter ausschalten und den Netzstecker ziehen.
- Produktrückstände sorgfältig mit einem Tuch entfernen.
- Innenraum der Gefriertrocknungsanlage bei einer Kontamination durch toxische, radioaktive oder pathogene Substanzen sofort mit einem geeigneten Dekontaminationsmittel (abhängig von der Art der Verunreinigung) reinigen (s. Kap. 8.2 - "**Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör**").

**WARNUNG**

Zum Eigenschutz unbedingt entsprechende Vorsichtsmaßnahmen einhalten, falls die Gefahr der toxischen, radioaktiven oder pathogenen Kontamination besteht.

- Deckel oder Beladetür bei Nichtgebrauch des Gerätes öffnen, damit eventuell vorhandene Feuchtigkeit entweichen kann.

### 8.1.1.1 Eiskondensatorkammer

Vor jeder Inbetriebnahme muss dafür gesorgt werden, dass sich kein Wasser in der Eiskondensatorkammer befindet.

- Medienablaufventil öffnen, um eventuell angesammelte Flüssigkeit abzulassen, und wieder verschließen.
- Falls erforderlich, Eiskondensatorkammer mit einem Tuch auswischen.

### 8.1.1.2 Sonderausstattung: Türverschlussriegel aus Edelstahl an der Beladetür

Bei Anlagen, die mit einer Edelstahltür oder einer Acrylglastür mit Türverschlussriegel aus Edelstahl ausgerüstet sind, befindet sich auf dem Türverschlussriegel eine Gleitauflage. Sie ist bei diesen Anlagen als Ersatzteil im Lieferumfang enthalten. Die Gleitauflage muss regelmäßig auf Verschleiß überprüft und ggf. ausgetauscht werden.

1 Türverschlussriegel
2 Gleitauflage (Best.-Nr. 177270)
3 Torx-Schrauben

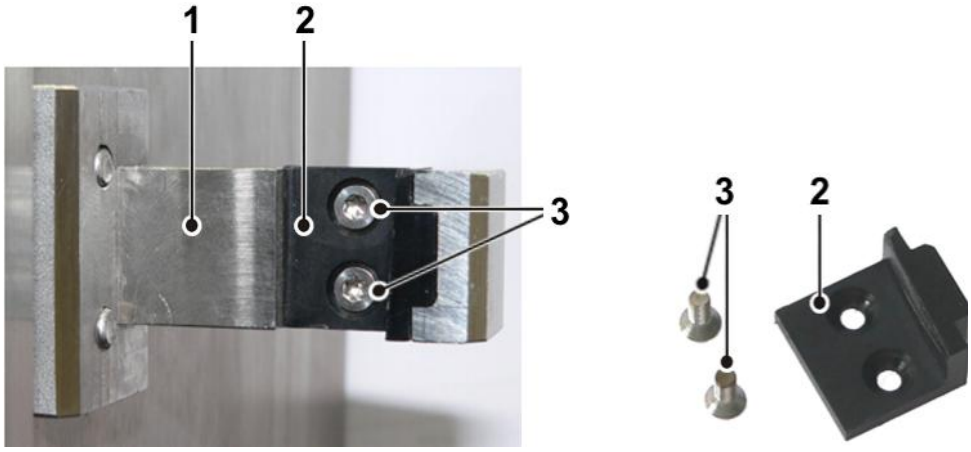



*Abb. 77: Türverschlussriegel und Gleitauflage*

**Austausch der Gleitauflage:**

Die beiden Schrauben der Gleitauflage mit einem Schrauben¬dreher Torx® TX10 lösen, die alte Gleitauflage abnehmen und die neue Gleitauflage befestigen.

### 8.1.1.3 Belüftungsventil, Medienablaufventil

Verunreinigungen wie festgesetzte Produktrückstände o.ä. können Ursache für ein unzureichendes Vakuum sein. In diesem Fall müssen das Belüftungsventil und/oder das Medienablaufventil gereinigt werden.

- Gefriertrocknungsanlage ausschalten und Netzstecker ziehen.
- Ventileinsatz herausschrauben.
- Verunreinigungen am Ventileinsatz und in der Ventilöffnung mit einem Papiertuch entfernen.
- O-Ringe reinigen und auf Beschädigungen untersuchen. Beschädigte O-Ringe müssen ausgetauscht werden.

1 Ventilöffnung
2 Ventileinsatz
3 O-Ringe

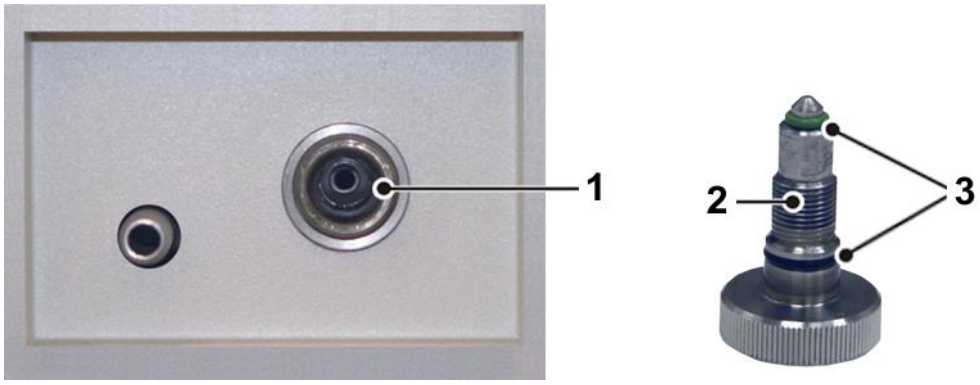



*Abb. 78: Ventilöffnung und Ventileinsatz mit O-Ringen (Bespielabbildung, variiert je nach Anlagentyp)*

- Ventileinsatz wieder einsetzen.
- Gefriertrocknungsanlage wieder in Betrieb nehmen.

Wird weiterhin nur ein unzureichendes Vakuum erreicht, muss die Gefriertrocknungsanlage von authorisiertem Fachpersonal überprüft werden (s. Kap. 7.1.2.2 - "**Belüftungsventil, Medienablaufventil**").

### 8.1.1.4 Wärmetauscher (nur bei luftgekühlten Gefriertrocknungsanlagen)

Um das von der Kälteanlage komprimierte Kältemittel abzukühlen, wird ein lamellierter Wärmetauscher eingesetzt. Er befindet sich auf der Geräterückseite (s. Kap. 2.1.1 - "**Funktions- und Bedienelemente**") und wird mit Luft gekühlt.

Staub und Schmutz behindern die Kühlung durch den Luftstrom. Staubbelag auf den Lamellen verhindert den Wärmeaustausch und damit die Leistungsfähigkeit der Kälteanlage. Größere Verunreinigungen können einen Ausfall der Anlage verursachen.

Der gewählte Aufstellungsort sollte deshalb möglichst sauber sein.

- Wärmetauscher mindestens einmal monatlich auf Verschmutzungen überprüfen und gegebenenfalls reinigen.
- Setzen Sie sich bei Fragen mit dem Christ Service in Verbindung (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**").

### 8.1.2 Vakuumpumpe

**HINWEIS**

Separate Betriebsanleitung der Vakuumpumpe beachten!

Die Belastung der Vakuumpumpe in Verbindung mit einer Gefriertrocknungsanlage ist in der Regel nicht besonders hoch. Deshalb können die Empfehlungen in dieser Betriebsanleitung von den Angaben der Pumpenhersteller abweichen.

Unter normalen Betriebsbedingungen müssen an der Vakuumpumpe regelmäßig folgende Wartungsarbeiten durchgeführt werden:

- Ölstand der Vakuumpumpe einmal wöchentlich kontrollieren, gegebenenfalls fehlendes Öl nachfüllen.
- Während des Betriebs der Pumpe auf Laufgeräusche achten.
- Ölwechsel sind grundsätzlich bei betriebswarmer Pumpe durchzuführen.
- Der erste Ölwechsel ist nach ca. 100 Betriebsstunden vorzunehmen.
- Die weiteren Ölwechsel richten sich nach den Betriebsbedingungen. Im Allgemeinen ist ein Intervall von 500 bis 1.000 Betriebsstunden ausreichend.
- Setzen Sie sich bei Fragen mit dem Christ Service in Verbindung (s. Kap. 7.3 - "**Kontakt im Servicefall**").

### 8.1.3 Ölnebelabscheider (Auspufffilter)

**HINWEIS**

Separate Betriebsanleitung der Vakuumpumpe / des Ölnebelabscheiders beachten!

Der austretende Ölnebel, der von der Vakuumpumpe je nach Arbeitsdruck in mehr oder weniger großen Mengen ausgestoßen wird, muss ins Freie oder in einen Abzug geleitet werden. Ist dies nicht möglich, muss die Pumpe mit einem Ölnebelabscheider (Auspufffilter) ausgerüstet sein.

- Flüssigkeitsstand im Auffangbehälter des Filters beobachten.
- Kondensat rechtzeitig entfernen (siehe Angaben des Herstellers in der separaten Betriebsanleitung).

### 8.1.4 Vakuummesssonde

**HINWEIS**

Separate Betriebsanleitung der Vakuummesssonde beachten!

Die Vakuummesssonde hat nur eine begrenzte Lebensdauer. Insbesondere kohlenstoffhaltige Substanzen wie z.B. alkoholische Verbindungen verkürzen die Lebensdauer extrem.

- Die Vakuummesssonde ist wartungsfrei.
- Äußere Verschmutzungen mit einem Tuch entfernen.

### 8.1.5 Zubehör

**VORSICHT**

Die besonderen Vorsichtsmaßnahmen bei der Pflege des Zubehörs sind unbedingt zu beachten.
Es handelt sich hierbei um Maßnahmen zur Wahrung der Betriebssicherheit!

Chemische Reaktionen sowie Druckkorrosion (Kombination von wechselndem Druck und chemischer Reaktion) können das Gefüge der Metalle und Kunststoffteile angreifen bzw. zerstören. Kaum nachweisbare Risse an der Oberfläche vergrößern sich und schwächen das Material, ohne deutlich sichtbare Anzeichen dafür zu hinterlassen.

- Das Material muss daher regelmäßig (mindestens einmal monatlich) überprüft werden auf
  - Rissbildung
  - sichtbare Gefügezerstörungen an der Oberfläche
  - Druckstellen
  - Korrosionserscheinungen
  - sonstige Veränderungen.
- Beschädigte Teile im Interesse der eigenen Sicherheit unverzüglich austauschen.
- Flüssigkeiten, die Korrosion verursachen können, müssen unverzüglich von den Zubehörteilen abgespült werden.
- Zubehör außerhalb der Gefriertrocknungsanlage reinigen; am besten nach jedem Gebrauch, mindestens aber einmal wöchentlich.

## 8.2 Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör

- Handelsübliche Desinfektionsmittel, wie z.B. Incidur®,, Meliseptol®, Sagrotan®, Buraton® oder Terralin® (im Laborfachhandel erhältlich) verwenden.
- Die Gefriertrocknungsanlage und das Zubehör bestehen aus unterschiedlichen Materialien. Mögliche Unverträglichkeiten sind zu beachten.
- Bevor andere als die von uns empfohlenen Reinigungs- und Desinfektionsmittel angewendet werden, hat sich der Anwender beim Hersteller zu vergewissern, dass das Verfahren das Gerät nicht schädigt.
- Fragen Sie im Zweifelsfall beim Hersteller an (s. Kap. 8.4 - "**Instandhaltungsarbeiten**").

**GEFAHR**

Bei Verwendung von Gefahrenstoffen (z.B. infektiöse und pathogene Substanzen) besteht die Pflicht zur Desinfektion der Gefriertrocknungsanlage und des Zubehörs.

## 8.3 Wartungsplan

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Beginn der Trocknung | täglich (Arbeitstag) | Inspektion | Austausch | Funktion | Kalibrierung | |
| **Trocknungs-kammer Be- / Entladeseite** | Trocknungskammer: trocken und sauber | X | | X | | | | |
| | Faltenbalg: sauber und unbeschädigt | X | | X | | ruckfreie Bewegung | | |
| | Soleschläuche und Durchführung | X | | X | | Dichtheit | | |
| | Zwischenventildichtung | X | | X | nach ca. 50 Sterilisationen | | | |
| | Stellflächen: Gestänge | X | | gratfrei | | gleichmäßige Bewegung | | |
| | Stellflächen: Oberfläche sauber und unbeschädigt | X | | | | | | |
| | Stellflächen: Begrenzungen | X | | | | | | |
| | Acrylglastür: Oberfläche sauber und unbeschädigt | X | | Schlieren, Risse | | | | |
| | Türdichtung: sauber und unbeschädigt | X | | ersetzen | nach ca. 50 Sterilisationen | | | Ein- / Ausbau |
| | Türriegel | X | | gratfrei | | X | | Ein- / Ausbau |
| | Scharniere | -- | | X | | X | | Bei Wechsel der Türdichtung neu justieren |
| | Türverkleidung: fest | X | | X | | | | |
| | Schauglas: sauber, Beleuchtung ok | X | | X | | | | |
| **Maschinenraum - allgemein** | Schaltschrank | | X | X | | | | |
| | Leckagen | | X | X | | | | |
| | Geräusche im Betrieb | | X | X | | | | |
| | Dynamische Dichtungen: Ventilmembranen | | | | nach ca. 100 Sterilisationen | | | |
| | Statische Dichtungen: Clamp, KF, O-Ring etc. | | | | nach ca. 100 Sterilisationen | | | |
| | Lose Kabel | | | X | | | | |
| | Kabelkanäle geschlossen | | | X | | | | |
| | Rahmengestell | | | Korrosion | | | | Korrosion beseitigen |
| | Belüftungsfilter | | | | nach ca. 50 Sterilisationen | | | |
| **Vakuumsystem** | Pumpe: Ölstand | X | X | X | | | | |
| | Pumpe: Öl-Zustand (Farbe, Kontamination) | X | X | X | Ölwechsel | | | |
| | Ölnebelfilter: Ölnebelaustritt | | X | X | | X | | |
| | Ölnebelfilter: Ölstand | | X | | | reinigen | | |
| | Endvakuum | | | | | X | | |
| | Ablagerungen im Gehäuse - Öl-Kreislauf | | | X | | | | |
| | Öl-Leckage unter Pumpe | X | | X | nach 10 Jahren | | | GLRD, Lager, Flügelzellen, Federn: 10 J. Lebensdauer |
| | Vakuum-Lecktest | | | | | X | | |

## 8 Wartung und Instandhaltung

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Beginn der Trocknung | täglich (Arbeitstag) | Inspektion | Austausch | Funktion | Kalibrierung | |
| **Kältesystem** | Eisbildung | | | X | | | | |
| | Lecktest gem. EG 842/2006 (bei mehr als 3 kg Kältemittel) | | | | | | | |
| | Wärmetauscher | | | X | | reinigen | | |
| | Betriebsdruck unter Volllast | | | | | X | | |
| | Mechanische Geräusche | | | X | | | | |
| | Magnetventile | | | | | X | | |
| | Eiskondensator: tiefste Temperatur | | | | | X | | |
| | Regelventile Kühlwasser | | | X | | X | | Ventile reinigen |
| **Wärmeträger-kreislauf** | Füllstand Ausgleichsbehälter | | X | X | | X | | |
| | Leckagen / Isolierung vollgesogen | | X | X | | | | |
| | Auslöseschwelle Übertemperatur | | | | | X | | |
| | Temperaturfühler: Befestigung | | | X | | | | |
| | Zustand Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter) | | | X | | | | |
| **Mess- und Regelorgane** | Vakuummesssonde(n) | | | | | | X | |
| | Temperaturmesspunkte GT-Anlage | | | | | | X | |
| | Druckmessung Kammer | | | | | | X | |
| | Produkttemperatur | | | | | X | X | Austausch Steckerverbindung |
| | Niveauschalter | | | | | X | | |
| | Magnetventile | | | X | | X | | |
| **Hydrauliksystem** | Leckagen an Komponenten | | X | X | | | | |
| | Maximaldruck-Einstellung | | | | | X | | |
| | Öl im Vorlagebehälter | X | | X | | | | |
| | Schläuche: Zustand | | | X | nach 5 Jahren | | | |
| | Verfahrgeschwindigkeit Verschlusszylinder | | | | | X | | |
| **Elektrotechnik** | Schaltschrank: Wärmeentwicklung | | | X | | X | | |
| | Schaltschrank: Zustand Bauteile | | | X | | | | |
| | Schaltschrank: Kühlung | | | X | Filter nach 1 Jahr | | | |
| | Feldverkabelung | | | X | | | | |
| | Leistungsaufnahme Komponenten | | | | | X | | |
| | Pufferbatterie der Steuerung | | | | 2 Jahre | | | |
| | Signallampe / Signalhorn | | | | | X | | |

## 8.4 Instandhaltungsarbeiten

**GEFAHR**

Bei Instandhaltungsarbeiten, die die Entfernung der Verkleidung erfordern, besteht die Gefahr eines elektrischen Schlags oder mechanischer Verletzungen. Solche Arbeiten sind ausschließlich qualifiziertem Fachpersonal vorbehalten.

Die Gefriertrocknungsanlage ist hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Um der starken Beanspruchung standzuhalten, werden bei der Fertigung hochwertige Bauteile eingesetzt. Trotzdem kann es zu Verschleißerscheinungen kommen, die von außen nicht sichtbar sind.

Wir empfehlen daher, die Gefriertrocknungsanlage im Rahmen einer Inspektion durch den Hersteller einmal jährlich im Betriebszustand und im Dreijahresrhythmus im zerlegten Zustand prüfen zu lassen.

Diese Dienstleistung kann auch im Rahmen eines Wartungsvertrages (s. Kap. 8.4.1 - "**Christ Wartungsvertrag**") vereinbart werden.

**Informationen und Terminabsprachen**

**in Deutschland:**

- Nutzen Sie die **Serviceanforderung** online unter www.martinchrist.de → [Servicebereich]

oder setzen Sie sich in Verbindung mit

- Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH
  An der Unteren Söse 50
  37520 Osterode
  Tel. +49 (0) 55 22 / 50 07-33 33
  E-mail: support.epsilon@martinchrist.de

**außerhalb Deutschlands:**

- Setzen Sie sich mit unserer Vertretung Ihres Landes in Verbindung. Die Adresse finden Sie unter
  www.martinchrist.de → [Kontakte] → [Auslandsvertretungen]

**HINWEIS**

- Bei Inanspruchnahme des Kundendienstes stets den Gerätetyp und die Fabriknummer angeben.
- Serviceanforderung direkt über das Internet nutzen (siehe oben).

### 8.4.1 Christ Wartungsvertrag

Mit dem CHRIST Wartungsvertrag bietet die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH eine Dienstleistung an, die über die normale Pflege und Wartung des Anwenders hinaus einen zuverlässigen Betrieb der Gefriertrocknungsanlage gewährleistet.

Eine vertragliche Wartung durch einen unserer Servicetechniker beinhaltet die Inspektion der Christ Gefriertrocknungsanlage gemäß folgender Spezifizierung:

- Prüfung gemäß BGV A3 (elektrische Anlagen und Betriebsmittel)
- Prüfung des allgemeinen Zustands
- Prüfung von mechanischen Funktionen
- Prüfung des Kältesystems
- Prüfung des Vakuumsystems inkl. Vakuummesssonde und Vakuumanzeige
- Prüfung der Kompressor- und Vakuumpumpenaufhängung
- Prüfung der Betriebsmittel-Füllstände
- Prüfung des Zubehörs
- Durchführung eines Probelaufs
- Ausfertigung eines Serviceberichts

Die Terminverfolgung wird durch die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH organisiert.

Weitere Informationen zu diesem Thema erhalten Sie bei der Christ Serviceleitung (Kontakt siehe oben).

Dieses Angebot gilt nur für Deutschland. Aus dem Ausland setzen Sie sich bitte mit unserer Vertretung Ihres Landes in Verbindung (siehe oben).

## 8.5 Rücksendung defekter Teile

Trotz aller Sorgfalt bei der Fertigung unserer Produkte ist es hin und wieder notwendig, das Gerät oder ein Zubehörteil an den Hersteller zurückzusenden.

Um eine Rücksendung von Gefriertrocknungsanlagen, Rotations-Vakuum-Konzentratoren, Ersatzteilen oder Zubehör zügig und wirtschaftlich bearbeiten zu können, benötigen wir vollständige und umfassende Angaben zum Vorgang. Füllen Sie deshalb die nachfolgend aufgeführten Formulare komplett und sorgfältig aus und senden Sie sie zusammen mit dem Produkt zurück an:

Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode (Deutschland)

1. **Unbedenklichkeitsbescheinigung des Betreibers (Dekontaminationserklärung)**
   Als zertifiziertes Unternehmen und aufgrund gesetzlicher Vorschriften zum Schutz unserer Mitarbeiter und der Umwelt sind wir verpflichtet, für alle Wareneingänge die Unbedenklichkeit zu dokumentieren. Zu diesem Zweck benötigen wir eine Dekontaminationserklärung.
   - Das Formular muss von autorisiertem Fachpersonal vollständig ausgefüllt und abgezeichnet werden.
   - Bringen Sie das Original gut sichtbar außen an der Verpackung an.

**HINWEIS**

Liegt der Rücksendung keine entsprechende Erklärung bei, führen wir eine kostenpflichtige Dekontamination zu Ihren Lasten durch!

2. **Formular zur Rücksendung defekter Teile**
   Auf diesem Formular werden die produktbezogenen Daten eingetragen. Sie erleichtern die Zuordnung und ermöglichen eine zügige Abwicklung der Rücksendung. Werden mehrere Teile in einem Paket zurückgeschickt, sollte zu jedem defekten Teil eine separate Fehlerbeschreibung beigefügt werden.
   - Eine ausführliche Fehlerbeschreibung ist notwendig, um die Reparatur zügig und wirtschaftlich durchzuführen.
   - Vermerken Sie auf diesem Formular unbedingt in dem vorgegebenen Feld, wenn ein Kostenvoranschlag gewünscht wird. Kostenvoranschläge werden nur auf ausdrücklichen Wunsch und gegen Berechnung erstellt. Bei Auftragserteilung werden die Kosten verrechnet.

3. **Abholauftrag (nur innerhalb Deutschlands)**
   Auf Ihren Wunsch beauftragen wir eine Spedition mit der Abholung des Gerätes. In diesem Fall füllen Sie den Abholauftrag aus und senden das Formular per E-Mail oder Fax an uns zurück.

**HINWEIS**

Das Gerät muss transportsicher verpackt werden, am besten in der Originalverpackung.

Wird das Produkt in einer ungeeigneten Verpackung an uns gesendet, erfolgt die Neuverpackung für den Rücktransport zu Ihren Lasten.

Die Formulare stehen als Online Formular-Download unter www.martinchrist.de → [Servicebereich] zur Verfügung

# 9 Entsorgung

## 9.1 Entsorgung der Gefriertrocknungsanlage

Die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH ist als Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten registriert, die ausschließlich für den gewerblichen Gebrauch bestimmt sind.

- Die nationalen Vorschriften sind zu beachten.

## 9.2 Entsorgung der Verpackung

- Die Verpackung muss nach Werkstoffen getrennt entsorgt werden.
- Die nationalen Vorschriften sind zu beachten.

# 10 Technische Daten

| | |
|---|---|
| Hersteller: | Martin Christ<br>Gefriertrocknungsanlagen GmbH<br>An der Unteren Söse 50<br>37520 Osterode |
| Gerätetyp: | **Epsilon 2-6 LSC$_{plus}$** |
| Bestellnummer: | 113100 |

| **Physikalische Daten (ohne Vakuumpumpe)** | |
|---|---|
| Abmessungen der Anlage: | |
| - Höhe: | 1 267 mm |
| - Breite: | 860 mm |
| - Tiefe: | 650 mm (incl. Vakuumflanschanschluss) |
| Gewicht: | ca. 330 kg |
| Geräuschpegel nach DIN 45635: | 61 dB(A) |
| Funkentstört gemäß EN 55011: | Klasse B |
| Wärmeabgabe: | min. 2,000 kW<br>max. 3,065 kW |

| **Füllmengen** | |
|---|---|
| Kältemittel: | siehe Typenschild |
| Wärmeträger: | siehe Typenschild |

| **Leistungsdaten** | |
|---|---|
| <u>Eiskondensatorkammer</u> | |
| - Abmessungen (B x H x T): | 320 mm x 320 mm x 225 mm |
| - Volumen: | ca. 23 l |
| <u>Eiskondensator</u> | |
| - Kapazität: | max. 6 kg |
| - Leistung: | max. 3,5 kg / 24 h |
| - Temperatur: | ca. –85°C |
| <u>Trocknungskammer</u> | |
| - Abmessungen (B x H x T): | 320 mm x 320 mm x 335 mm |
| - Volumen: | ca. 34 l |
| <u>Stellflächen</u> | |
| - Anzahl der Stellflächen: | 3 + 1 |
| - Abmessungen (B x T): | 225 mm x 300 mm |
| - Nutzbare Stellfläche: | 0,2025m$^2$ |
| - Freier Stellflächenabstand: | 73 mm |
| - Stellflächentemperatur: | ca. -45°C bis +60°C |

## 10 Technische Daten

| **Anschlussdaten** | |
|---|---|
| Elektrischer Anschluss: | 3 x 400 V / 50 Hz<br>(andere Anschlusswerte auf Anfrage) |
| Schutzklasse: | I |
| IP-Code: | 21 |
| Nennleistung: | 3,45 kVA |
| Nennstrom: | 8,0 A |
| Netzsicherung: | 12 A |

| **Betriebsmittelanschlüsse** | |
|---|---|
| Vakuumanschluss: | Kleinflanschverbindung DN25KF<br>(ISO 28403, DIN 2861) |
| Medienablaufventil: | Schlauchtülle DN10 (Außendurchmesser 12 mm) |
| Belüftungsventil: | Schlauchtülle DN6 (max. Außendurchmesser 8,5 mm) |
| Netzeingang: | Cekon CEE (16 A 3ph) |
| Datenschnittstelle (LAN): | RJ 45 |

| **Sonderausstattung: Wasserkühlung** | |
|---|---|
| Bestellnummer: | 113120 |
| Temperatur Wasservorlauf: | +15°C bis +20°C |
| Temperatur Wasserrücklauf: | max. 25°C |
| Wassertemperatur-Differenz: | max. 10K bei Vorlauf-Temp. +15°C<br>max. 5K bei Vorlauf-Temp. +20°C |
| Kühlwasserdruck: | max. 10 bar |
| Differenzdruck zwischen Vorlauf und Rücklauf: | max. 1,5 bar |
| Volumenstrom: | max. 0,38 $m^3/h$ |
| Mittels Kühlwasser abgeführte Wärme: | 3,065 kW |
| Anschluss Kühlwasserzulauf: | R3/4" mit Schlauchtülle DN 13 |
| Anschluss Kühlwasserrücklauf: | R3/4" mit Schlauchtülle DN 13 |
| Option Kühlwassermengenregler (Werkseinstellung): | 12 bar (Hochddruckseite Kälteanlage) |

## 10.1 Umgebungsbedingungen

- Die Daten gelten für eine nominale Umgebungstemperatur von +20°C.
- Zulässige Umgebungstemperatur +10°C bis +25°C.
- Max. Luftfeuchte 85% (nicht kondensierend) bei +25°C.

## 10.2 Technische Dokumentation

Die technische Dokumentation dieser Gefriertrocknungsanlage (z.B. Stromlaufpläne, Kälteschema) sowie die Sicherheitsdatenblätter der Hersteller für Kältemittel und Wärmeträger sind dieser Betriebsanleitung nicht beigefügt.

Die Unterlagen können im Internet unter www.martinchrist.de mit dem Formular **"Serviceanforderung"** anfordert werden.

# 11 Anhang

## 11.1 Mathematische Zusammenhänge

Den unter dem Menüpunkt "Programmgeber " (s. Kap. 6.5.3 - "**Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus**") ablaufenden automatischen Vorgängen liegen folgende Überlegungen zugrunde:

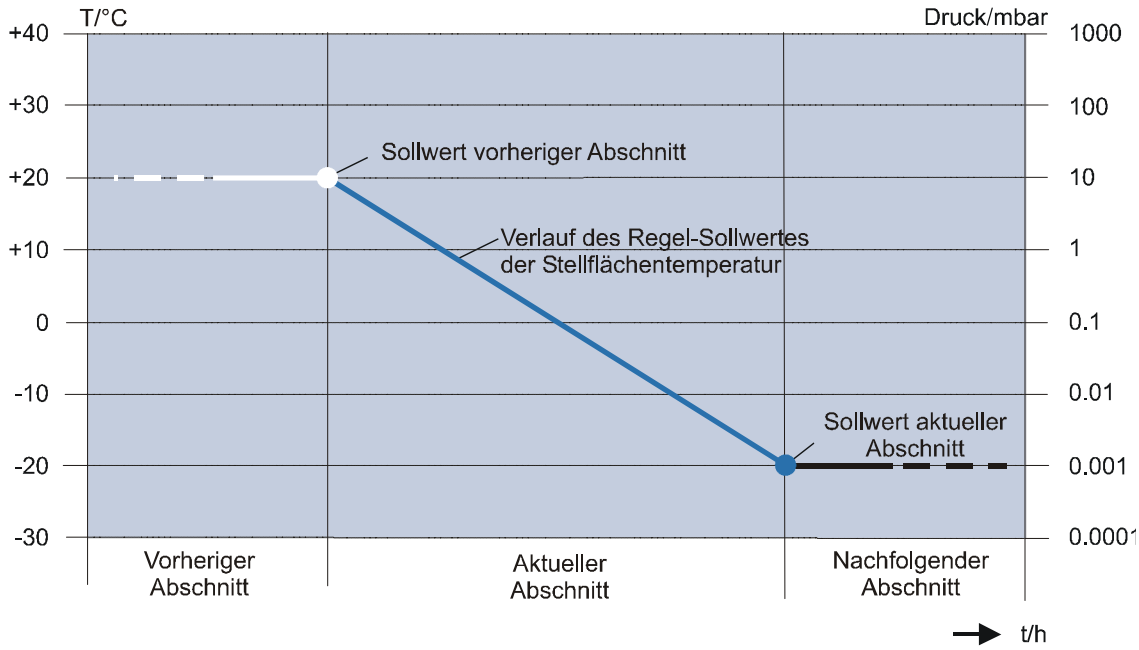



*Abb. 79 Grafische Darstellung der Veränderung des Regelsollwertes*

**Berechnung des Regelsollwerts und der Steigung für Temperatur**:

$$Steigung = \frac{Sollwert\ aktueller\ Abschnitt - Sollwert\ vorheriger\ Abschnitt}{Abschnittszeit\ des\ aktuellen\ Abschnitt} \quad [°C/\min]$$

$$\text{Re}\,gelsollwert = Soll.vorherigerAbs + verstricheneAbschnittszeit.Steigerung[°C]$$

Beispiel:

| Abschnitt | Sollwerte | |
|---|---|---|
| | Abschnittzeit [h:min] | Temperatur [°C] |
| vorheriger | ... | 30 |
| aktueller | 1:00 | 60 |

$$Steigerung = \frac{60°C - 30°C}{60\,\min} = \frac{30°C}{60\,\min} = 0{,}5°C/\min$$

Somit ergibt sich z.B. nach 30 Minuten verstrichener Abschnittszeit ein Regelsollwert für die Temperatur von:

$$Regelsoll_{(t=30\,\min)} = 30°C + 30\,\min \cdot 0.5°C/\min = 45°C$$

**Berechnung des Regelsollwertes für Vakuum**:

$$Regelsoll = 10^{LOG10(Soll.vorh.\ Abs.) + \left(\frac{LOG10(Soll.akt.\ Abs.) - LOG10(Soll.vorh.\ Abs.)}{Abschnittszeit\ des\ aktuellen\ Abschnitt}\right) \cdot verstrichene\ Abschnittszeit} \quad [mbar]$$

## 11.2 EG-Konformitätserklärung

CHRIST Gefriertrocknungsanlagen Rotations-Vakuum-Konzentratoren

# EG – KONFORMITÄTSERKLÄRUNG

**im Sinne der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, Anhang II, Teil 1, Abschnitt A**

Das nachfolgend bezeichnete Produkt wurde entwickelt, konstruiert und gefertigt in Übereinstimmung mit den einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der aufgeführten EG-Richtlinien.
Bei einer nicht mit uns abgestimmten Änderung oder einer nicht bestimmungsgemäßen Anwendung verliert diese Erklärung ihre Gültigkeit.

| | |
|---|---|
| *Produktbezeichnung:* | Gefriertrocknungsanlage |
| *Produkttyp:* | Epsilon 2-6D LSCplus |
| *Bestellnummer:* | 113100, 113120 |
| *Richtlinien:* | 2006/42/EG Maschinenrichtlinie<br>2006/95/EG Niederspannungsrichtlinie<br>2004/108/EG EMV Richtlinie |

**Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH**
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode

CE-Bevollmächtigter
S. Krippendorff

Osterode, 02.10.2012

M. Christ – Geschäftsleitung

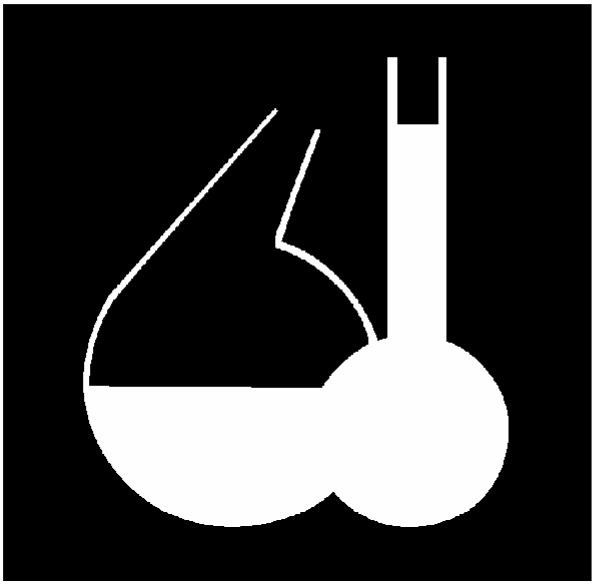
epsilon2-6D_LSCplus_2012-10-02_de.doc

## 11.3 Spannungsriss- und Chemikalienbeständigkeit Plexiglas

EVONIK INDUSTRIES

# Spannungsriss- und Chemikalienbeständigkeit

**PLEXIGLAS® GS**
**PLEXIGLAS® XT**
**PLEXIGLAS RESIST® XT**



**Inhalt**

Diese Schrift fasst das chemische Verhalten unserer Halbzeuge-Gruppen zusammen, indem deren Spannungsrissbildungsergebnisse und Chemikalienbeständigkeiten für eine Reihe von chemischen Agenzien in Listen übersichtlich dargestellt werden und eine Gesamtbeurteilung erfolgt.

## Anmerkungen

Kurzaussagen zur Chemikalienbeständigkeit alleine gegen teils weitere Substanzen, z. B. auch Markenartikel, liegen zusätzlich vor in der Druckschrift "Chemisches Verhalten, PLEXIGLAS® GS und XT" (Kenn-Nr. 211-1).

Die physikalischen Eigenschaften sind den jeweiligen "Produktbeschreibungen" zu den einzelnen Halbzeugen zu entnehmen, die bei den Lieferanten angefordert werden können.

Bei der Anwendung unserer Produkte sind außerdem zu beachten:
- die regional gültigen Bauvorschriften und Immissionsschutzgesetze
- zutreffende Normen
- Gewährleistungen nach VOB oder BGB
- Berufsgenossenschafts-Richtlinien u. a.

Für die Markterhältlichkeit der genannten Produkte gelten die jeweils aktuellen Lieferprogramme der Halbzeuge.

| **Inhaltsverzeichnis** | Seite |
|---|---|
| 1 **Einleitung**<br>1.1 Chemikalienbeständigkeit<br>1.2 Spannungsrissbildung | **(variiert je nach Einstellung von PC und Drucker)** |
| 2 **Prüfergebnisse**<br>2.1 Zeichenerklärung<br>2.2 Ergebnislisten | |

## 1 Einleitung

Für viele Anwendungen von PLEXIGLAS® entsteht die Frage nach der Beständigkeit beim Kontakt mit bestimmten Agenzien bzw. Werkstoffen, da diese letztendlich über die Zulässigkeit eines geplanten Einsatzzweckes mitentscheidet.
Zur Beurteilung dient hierfür meistens das unter normierten Bedingungen durchgeführte Laborexperiment, das einerseits einen Vergleich der Wirkung verschiedener Agenzien erlaubt, andererseits aber auch einen Vergleich der Wirkung auf verschiedene Kunststoffe, z. B. PLEXIGLAS®.

### 1.1 Chemikalienbeständigkeit

Die einfachste Möglichkeit, Wirkungen dieser Art zu untersuchen, besteht darin, Prüfkörper ohne zusätzliche Belastung mit den entsprechenden Agenzien in Kontakt zu bringen, d. h. sie in Flüssigkeiten einzutauchen oder aber bei Feststoffen diese auf die Oberfläche aufzulegen. Man spricht dann im allgemeinen von der Prüfung der Chemikalienbeständigkeit oder Fleckunempfindlichkeit.

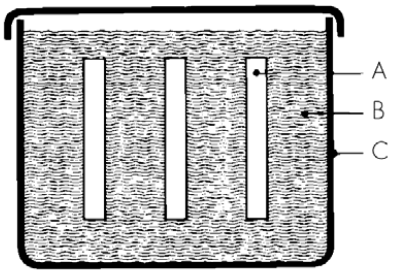
Als Beurteilungskriterien dienen die nach Lagerung entstandenen Veränderungen des Aussehens, Gewichtes und der Festigkeit.
Einwirkungsdauer, Temperatur und Konzentration des einwirkenden Stoffes beeinflussen das Ergebnis sehr stark. Um verlässliche Ergebnisse zu erhalten, müsste man die im praktischen Anwendungsfall vorliegenden Bedingungen - Zeit, Temperatur und Konzentration - exakt nachstellen. Dies ist allerdings nur in Ausnahmefällen gerechtfertigt. Damit man im Versuch zu möglichst kurzen Prüfzeiten kommt, erhöht man deshalb die Prüftemperatur und/oder die Konzentration. Man bedient sich dabei der Erfahrung, dass chemische Reaktionen mit höher werdender Temperatur schneller ablaufen.
Prüfungen dieser Art sind in der Norm DIN 53476 - Bestimmung des Verhaltens gegen Flüssigkeiten - beschrieben (Abb. 1).
Es wird diejenige Prüfdauer von 1 Tag, 1 Woche oder 1 Monat angegeben, innerhalb derer die ersten Veränderungen am Prüfkörper sichtbar wurden. Eine zusätzliche Kurzzeitprüfung von 1 Minute Dauer lässt besonders aggressive Chemikalien erkennen.

Die verschiedenen PLEXIGLAS® Sorten zeigen in ihrer chemischen Beständigkeit gewisse Unterschiede. PLEXIGLAS GS ist aufgrund seines höheren Molekulargewichtes etwas beständiger als PLEXIGLAS® XT oder Spritzgussteile aus PLEXIGLAS® Formmasse. Der Unterschied ist allerdings oft nur graduell. Deshalb sind die Beständigkeitslisten für diese Materialien auch nahezu identisch.

Genaueren Aufschluss darüber, wie die einzelnen PLEXIGLAS® Sorten den Prüfergebnissen zuzuordnen sind, gibt „2.1 Zeichenerklärung".

**Die Prüfergebnisse der Chemikalienbeständigkeit sind insbesondere bei dauerhafter Einwirkung von Agenzien auf spannungsfreie Kunststoffe anwendbar.**

Abb. 1: Prüfung auf Chemikalienbeständigkeit nach DIN 53476




A = Prüfkörper
B = Agens
C = Behälter

### 1.2 Spannungsrissbildung

In vielen Anwendungsfällen muss mit Spannungen, z. B. durch Bearbeitung, Warmformen, Schrauben, Klemmen, Kalteinbiegen oder lokal unterschiedlichen Wärmebelastungen gerechnet werden. Die dadurch erzeugten Spannungen müssen dann bei der Beurteilung des Verhaltens von PLEXIGLAS® berücksichtigt werden.
Sind Kunststoffe in Luft über einen bestimmten Wert hinaus spannungs- bzw. dehnungsbelastet, dann entstehen abhängig von der anliegenden Spannung bzw. Dehnung nach kurzer (hohe Spannung) oder langer Zeit (niedrige Spannung) im Material Risse. Die gleichzeitige Einwirkung bestimmter Agenzien kann diese Zeitspanne bis zum Auftreten erster Risse drastisch verkürzen. Diese Erscheinung bezeichnet man als "umgebungsbedingte Spannungsrissbildung" oder abgekürzt "Spannungsrissbildung".

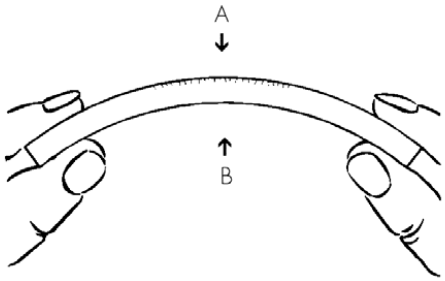
Wie ein einfacher Versuch zeigt, verursachen nur Zugspannungen Spannungsrissbildung: Biegt man einen PLEXIGLAS® Stab zwischen den Händen (Abb. 2) und befeuchtet die mit Zugspannungen behaftete konvexe Oberseite mit Ethylalkohol, dann tritt nach kurzer Zeit Rissbildung auf. Derselbe Versuch auf der mit Druckspannungen behafteten konkaven Unterseite führt nach langen Zeiten nicht zur Rissbildung.

Für PLEXIGLAS® sind verschiedene Rissbildungs-Prüfverfahren anwendbar. Alle Verfahren sind relativ aufwendig bezüglich der Anzahl der Prüfkörper und/oder deren Herstellung sowie Durchführung der Prüfung und Prüfeinrichtungen.
Eine weitere Schwierigkeit besteht auch in der Übertragung der erhaltenen Prüfergebnisse in die Praxis, da hierzu dem Anwender häufig noch zu wenige Erfahrungen vorliegen.

Wesentlich leichter fällt uns dies bei dem in unserem Hause seit mehr als 30 Jahren erfolgreich angewendeten **"Biegeversuch"**, dessen Belastungsfall zwischen dem "Zeitstandzugsversuchs-Verfahren" und dem "Biegestreifen-Verfahren" nach DIN 53 499 einzuordnen ist.
Einseitig waagerecht eingespannte Biegestäbe (Abb. 3) werden auf der Oberseite mit dem Prüfmedium beschichtet und an ihrem freien Ende so belastet, daß nahe der Einspannung eine maximale Zugspannung $\sigma_{b,m}$ bis zu 30 MPa entsteht. Diese fällt bis zum Lastangriffspunkt linear auf den Wert Null ab. Dabei ist jedem Punkt der Oberseite in Stablängsrichtung eine definierte Zugspannung zuzuordnen. Die Rissbildung beginnt an der Stelle mit der höchsten Zugspannung und schreitet mit der Prüfdauer in Richtung Lastangriffspunkt bis zu einer bestimmten Stelle fort. Nach einer Prüfdauer von 24 Stunden bei Temperaturen von 23 °C wird visuell festgestellt, bis zu welcher Stelle am Stab Rissbildung aufgetreten ist. Dieser Stelle wird rechnerisch eine Grenzbiegespannung $\sigma_{b,g}$ zugeordnet.

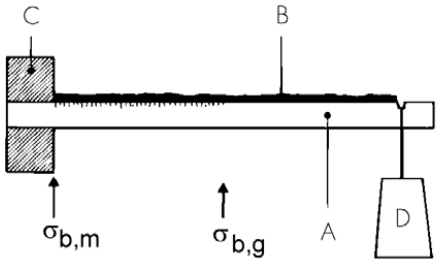
**Langjährige Erfahrung zeigt, dass Produkte, die nach 24 Stunden bei Grenzspannungen über 25 MPa bei 23 °C (und/oder über 15 MPa bei 50 °C) keine Rissbildung ergeben, auch im praktischen Einsatz keine Spannungsrissbildung verursachen, wenn unsere für die verschiedenen Halbzeuge gültigen Anwendungsvorschriften eingehalten werden.**

Abb. 2: Handversuch zur Spannungsrissbildung




A = Zugspannungen
B = Druckspannungen

Abb. 3: Biegeversuch zur Spannungsrissbildung




A = Prüfkörper
B = Agens
C = Einspannung
D = Gewicht

# 2 Prüfergebnisse

## 2.1 Zeichenerklärung

Die umfangreichen Aussagen der nachfolgenden Ergebnislisten sind mit Zeichen und Abkürzungen versehen, die der zusätzlichen Erläuterung bedürfen:

| | |
|---|---|
| Konz = | Konzentration der Prüfchemikalie in max. möglicher chemischer Reinheit oder wässriger Lösung |
| Mat = | Material, d. h. Halbzeug-Art, aus welcher die untersuchten Prüfkörper bestanden |
| 233 = | PLEXIGLAS® GS 233; Ergebnis gültig auch für GS 215, 218, 221, 222, 231, 238, 247, 1001 und 2458 und PLEXIGLAS SOUNDSTOP® GS; merklich besser beständig ist vernetztes PLEXIGLAS® z. B. GS 209 und GS SW 235 (= Sanitär) |
| XT = | PLEXIGLAS® XT 20070; Ergebnis gültig auch für XT 20080, 24370, 21570 AR, SPIEGEL XT sowie für PLEXIGLAS SOUNDSTOP® XT |
| XT-R = | PLEXIGLAS RESIST® XT 41; Ergebnis gültig auch für RESIST XT 31 und RESIST XT 21; für alle RESIST XT Sorten gilt, dass sie in der Chemikalienbeständigkeit empfindlicher, in der Spannungsrissbeständigkeit jedoch besser sind als nichtmodifiziertes XT. |
| | Von **eingefärbten** PLEXIGLAS® Platten ist ein Verhalten zu erwarten, das den ihnen zuzuordnenden obigen farblosen (Grund-) Sorten entspricht. |
| SP = | Spannungsrissbeständigkeit ("Röhm-Prüfverfahren", Biegeversuch) |
| CB = | Chemikalienbeständigkeit (ähnlich DIN 53 476] |
| EZ = | Einwirkzeit bei der Chemikalienbeständigkeitsprüfung in Tagen, bei Kurzzeitprüfung 1 Minute |
| GB = | **Gesamtbeurteilung**, d. h. kritische Zusammenfassung der visuellen Beurteilungen von Spannungsrissverhalten **und** chemischer Beständigkeit |

**+ = beständig**
**o = bedingt beständig**
**- = nicht beständig**

## 2.2 Ergebnislisten

### Alkohole, ein- und mehrwertige

| Chemikalie Konz | Mat | SP | CB | EZ | CB-Beurteilung | CB-Kurzzeit-prüfung | GB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-Butanol | | | | | | | |
| 100% | 233 | - | - | 28 | Rissbildung, gequollen | kein Veränderung | - |
| 100% | XT | - | - | 7 | stark gequollen, weiß | kein eVeränderung | - |
| 100% | XT-R | - | - | 1 | weich, weiß, stark gequollen | keine Veränderung | - |
| 1-Hexanol | | | | | | | |
| 98% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 98% | XT | - | O | 28 | ganz leicht gequollen | keine Veränderung | - |
| 98% | XT-R | - | - | 7 | gequollen, weiß, matt | keine Veränderung | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-Methoxy-2-propanol | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 1 | stark gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 7 | stark angelöst | kein Veränderung | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | Oberfläche trüb | - |
| 1-Pentanol | | | | | | | |
| 100% | 233 | - | O | 28 | Rissbildung, gequollen | keine Veränderung | - |
| 100% | XT | - | - | 28 | trüb, gequollen | keine Veränderung | - |
| 100% | XT-R | - | - | 1 | weich, weiß, stark gequollen | keine Veränderung | - |
| 2-Propanol | | | | | | | |
| 100% | 233 | - | - | 7 | Rissbildung, gequollen | keine Veränderung | - |
| 100% | XT | - | - | 7 | gequollen, weiß, Rissbildung | keine Veränderung | - |
| 100% | XT-R | - | - | 1 | gequollen, weiß, matt | keine Veränderung | - |
| Cyclohexanol | | | | | | | |
| 99,5% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99,5% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99,5% | XT-R | - | - | 7 | gequollen, weiß, matt | keine Veränderung | - |
| Ethanol | | | | | | | |
| 100% | 233 | - | - | 7 | weich, gequollen | keine Veränderung | - |
| 100% | XT | - | - | 1 | gequollen | keine Veränderung | - |
| 100% | XT-R | - | - | 1 | weich, gequollen, weiß | keine Veränderung | - |
| 50% | 233 | - | - | 7 | gequollen | keine Veränderung | - |
| 50% | XT | - | - | 1 | gequollen | keine Veränderung | - |
| 50% | XT-R | + | - | 1 | gequollen, weiß, matt | keine Veränderung | - |
| Ethylenglykol | | | | | | | |
| 100% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 100% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 100% | XT-R | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| Ethylenglykol (Frostschutz) | | | | | | | |
| 50% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 50% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 50% | XT-R | + | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | o |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Glyzerin | | | | | | | |
| 98% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 98% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 98% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| Methanol | | | | | | | |
| 100% | 233 | - | - | 1 | weich, gequollen | keine Veränderung | - |
| 100% | XT | - | - | 1 | weich, gequollen | keine Veränderung | - |
| 100% | XT-R | - | - | 1 | weich, gequollen, weiß | leicht trüb | - |
| Phenol (gelöst in Wasser) | | | | | | | |
| 5% | 233 | - | - | 1 | weiß, klebrig, gequollen | keine Veränderung | - |
| 5% | XT | - | - | 1 | weiß, klebrig, gequollen | keine Veränderung | - |
| 5% | XT-R | - | - | 1 | weiß, klebrig, gequollen | keine Veränderung | - |

Organische Lösungsmittel, Kraftstoffe

| Chemikalie Konz | Mat | SP | CB | EZ | CB-Beurteilung | CB-Kurzzeit-prüfung | GB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Butylacetat (Essigsäure-butylester) | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 1 | stark gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 7 | stark angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | gequollen, angelöst, weiß | - |
| Essigester (Ethylacetat) | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 1 | stark gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 1 | stark angelöst | Oberfläche leicht matt | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | gequollen, angelöst, matt | - |
| Pentylacetat (Amylacetat) | | | | | | | |
| 98% | 233 | - | - | 28 | gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| 98% | XT | - | - | 28 | stark angelöst | keine Veränderung | - |
| 98% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | leicht angelöst, matt | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aceton | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 28 | stark gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 1 | Proben aufgelöst | leicht angelöst, leicht matt | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | gequollen, angelöst, weiß | - |
| Cyclohexanon | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 7 | Probe stark angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 28 | stark angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | Oberfläche matt | - |
| Diethylketon | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 1 | stark gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 1 | stark angelöst | leicht angelöst, leicht matt | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | gequollen, angelöst, weiß | - |
| Ethylmethylketon | | | | | | | |
| 99,5% | 233 | - | - | 1 | stark gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| 99,5% | XT | - | - | 1 | stark angelöst | leicht angelöst, leicht matt | - |
| 99,5% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | gequollen, angelöst, weiß | - |
| Cyclohexan | | | | | | | |
| 99,5% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99,5% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99,5% | XT-R | - | - | 28 | gequollen, weiß | keine Veränderung | - |
| Iso-Octan | | | | | | | |
| 99,5% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99,5% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99,5% | XT-R | - | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | - |
| n-Heptan | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99% | XT-R | - | - | 28 | gequollen, gedeckt weiß | keine Veränderung | - |
| n-Hexan | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99% | XT-R | - | - | 28 | gequollen, weiß | keine Veränderung | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Formamid | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99% | XT-R | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| N-Methylformamid | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 7 | gequollen, trüb | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 1 | gequollen, angelöst, weiß | keine Veränderung | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | gequollen, weiß, matt | keine Veränderung | - |
| Perchlorethylen (Tetrachlorethylen) | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 28 | matt, Oberfläche weich | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 1 | gequollen, leicht angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | stark gequollen u. angelöst | keine Veränderung | - |
| Shellsol T | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT-R | - | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | - |
| Terpentinersatz | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT-R | - | - | 7 | gequollen, weiß | keine Veränderung | - |
| Terpentinöl DAB 7 | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT-R | - | - | 7 | gequollen, weiß | keine Veränderung | - |
| Tetrachlor-kohlenstoff | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 1 | gequollen, leicht angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 1 | stark angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | z.T. aufgelöst | keine Veränderung | - |
| Dieselkraftstoff DIN 51601 | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT-R | - | o | 28 | hellbraun, klar | keine Veränderung | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FAM-Prüfkraftstoff DIN 51604 A | | | | | | | |
| | 233 | - | - | 1 | stark gequollen, klebrig | keine Veränderung | - |
| | XT | - | - | 1 | gequollen, angelöst, weiß | leicht matt, leicht angelöst | - |
| | XT-R | - | - | 1 | stark gequollen, angelöst | trüb, angelöst, gequollen | - |
| FAM-Prüfkraftstoff DIN 51604 B | | | | | | | |
| | 233 | - | - | 1 | gequollen, angelöst | leicht trüb | - |
| | XT | - | - | 1 | gequollen, angelöst | trüb, angelöst, gequollen | - |
| | XT-R | - | - | 1 | gequollen, angelöst, weiß | trüb, angelöst, gequollen | - |
| FAM-Prüfkraftstoff DIN 51604 C | | | | | | | |
| | 233 | - | - | 1 | gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| | XT | - | - | 1 | gequollen, angelöst | trüb, weiß, angelöst | - |
| | XT-R | - | - | 1 | gequollen, angelöst, weich | trüb, weiß, angelöst | - |
| Kraftstoff Nr. 1 DIN 53521 | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT-R | - | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | - |
| Kraftstoff Nr. 2 DIN 53521 | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | - | 28 | leicht gequollen | keine Veränderung | - |
| | XT-R | - | - | 1 | gequollen, weiß | keine Veränderung | - |
| Ottokraftstoff Normal (bleifrei) | | | | | | | |
| | 233 | - | - | 28 | gequollen, gelb | keine Veränderung | - |
| | XT | - | - | 7 | gequollen, matt, weich | keine Veränderung | - |
| | XT-R | - | - | 1 | gequollen, braun, matt | Oberfläche weiß, matt | - |
| Ottokraftstoff Normal (verbleit) | | | | | | | |
| | 233 | - | - | 28 | hellbraun verfärbt | keine Veränderung | - |
| | XT | - | - | 28 | gequollen, hellbraun | keine Veränderung | - |
| | XT-R | - | - | 1 | stark gequollen, weich, braun | Oberfläche weiß, matt | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ottokraftstoff Super (bleifrei) | | | | | | | |
| | 233 | - | - | 28 | gequollen, gelb | keine Veränderung | - |
| | XT | - | - | 7 | gequollen, matt, weich | keine Veränderung | - |
| | XT-R | - | - | 1 | gequollen, braun, matt | Oberfläche weiß, matt | - |
| Ottokraftstoff Super (verbleit) | | | | | | | |
| | 233 | - | - | 7 | gequollen, weich, gelb | keine Veränderung | - |
| | XT | - | - | 1 | gequollen, matt, weich | keine Veränderung | - |
| | XT-R | - | - | 1 | sehr stark gequollen, weiß | Oberfläche weiß, matt | - |
| Petroleum | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT-R | - | o | 28 | trüb, leicht gelb | keine Veränderung | - |

Säuren, organische und anorganische

| Chemikalie Konz | Mat | SP | CB | EZ | CB-Beurteilung | CB-Kurzzeit-prüfung | GB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zitronensäure | | | | | | | |
| 10% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT-R | + | o | 28 | Proben trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| 38% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 38% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 38% | XT-R | + | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | o |
| Ameisensäure | | | | | | | |
| 5% | 233 | | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | |
| 5% | XT | | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | |
| 5% | XT-R | | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Essigsäure | | | | | | | |
| 100% | 233 | - | - | 1 | Proben aufgelöst | keine Veränderung | - |
| 100% | XT | - | - | 1 | Proben aufgelöst | leicht angelöst | - |
| 100% | XT-R | - | - | 1 | Proben aufgelöst | stark angelöst, weiß | - |
| 5% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 5% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 5% | XT-R | + | o | 28 | Proben trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Flußsäure | | | | | | | |
| 40% | 233 | - | - | 1 | gequollen, weich, weiß | leicht gequollen | - |
| 40% | XT | - | - | 1 | gequollen, weich, weiß | ganz leicht matt, gequollen | - |
| 40% | XT-R | - | - | 1 | gequollen, weich, weiß | leicht matt, leicht gequollen | - |
| Milchsäure | | | | | | | |
| 20% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 20% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 20% | XT-R | - | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | - |
| 90% | 233 | - | - | 7 | stark gequollen, weiß, weich | keine Veränderung | - |
| 90% | XT | - | - | 1 | stark angelöst, weiß | keine Veränderung | - |
| 90% | XT-R | - | - | 1 | stark angelöst, weiß | keine Veränderung | - |
| Oxalsäure | | | | | | | |
| 8,7% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 8,7% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 8,7% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Phosphorsäure | | | | | | | |
| 10% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| 50% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 50% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 50% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 85% | 233 | - | - | 1 | stark gequollen | keine Veränderung | - |
| 85% | XT | - | - | 1 | stark gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |
| 85% | XT-R | - | - | 1 | stark gequollen, angelöst | keine Veränderung | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Salpetersäure | | | | | | | |
| 10% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT-R | + | o | 28 | gelb, trüb | keine Veränderung | o |
| 40% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 40% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 40% | XT-R | - | - | 28 | gedeckt grau | keine Veränderung | - |
| 65% | 233 | - | - | 1 | sehr stark gequollen, weich | matt, weiß, gequollen | - |
| 65% | XT | - | - | 1 | sehr stark gequollen, weich | matt, weiß, gequollen | - |
| 65% | XT-R | - | - | 1 | sehr stark gequollen, weich | matt, weiß, gequollen | - |
| Salzsäure | | | | | | | |
| 10% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT-R | + | o | 28 | weiß, trüb | keine Veränderung | o |
| 32% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 32% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 32% | XT-R | + | o | 28 | grau, leicht trüb | keine Veränderung | o |
| Schwefelsäure | | | | | | | |
| 3% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 3% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 3% | XT-R | + | o | 28 | weiß, trüb | keine Veränderung | o |
| 30% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 30% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 30% | XT-R | + | o | 1 | leicht trüb | keine Veränderung | o |
| 98% | 233 | - | - | 1 | stark gequollen | matt, weiß, gequollen | - |
| 98% | XT | - | - | 1 | stark gequollen, weiß | matt, weiß, gequollen | - |
| 98% | XT-R | - | - | 1 | stark gequollen, rot | matt, weiß, gequollen | - |
| Sulfaminsäure (Amidosulfonsäure) | | | | | | | |
| 18% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 18% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 18% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weinsäure | | | | | | | |
| 50% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 50% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 50% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Ölsäure | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 99% | XT-R | - | o | 28 | leicht trüb, matt | keine Veränderung | - |

Laugen

| Chemikalie Konz | Mat | SP | CB | EZ | CB-Beurteilung | CB-Kurzzeit-prüfung | GB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ammoniak-Lösung | | | | | | | |
| 10% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT-R | + | o | 28 | Proben weiß (trüb) | keine Veränderung | o |
| 25% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 25% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 25% | XT-R | + | o | 28 | Proben weiß | keine Veränderung | o |
| Natronlauge | | | | | | | |
| 1% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 1% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 1% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| 10% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 30% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 30% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 30% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |

Salze, anorganische und organische (gesättigte Lösungen)

| Chemikalie Konz | Mat | SP | CB | EZ | CB-Beurteilung | CB-Kurzzeit-prüfung | GB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aluminiumchlorid | | | | | | | |
| 42% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 42% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 42% | XT-R | + | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | o |
| Eisen(II)sulfat | | | | | | | |
| 21% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 21% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 21% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Eisen(III)chlorid | | | | | | | |
| 48% | 233 | + | o | 28 | leicht braun | keine Veränderung | o |
| 48% | XT | + | o | 28 | leicht braun | keine Veränderung | o |
| 48% | XT-R | + | o | 28 | gelb, trüb, matt | keine Veränderung | o |
| Kaliumaluminium-sulfat (Alaun) | | | | | | | |
| 5% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 5% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 5% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Kaliumcarbonat | | | | | | | |
| 50% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 50% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 50% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| Kaliumchlorid | | | | | | | |
| 25% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 25% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 25% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| Kaliumnitrat | | | | | | | |
| 24% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 24% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 24% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kalium-Permanganate | | | | | | | |
| 6% | 233 | + | + | 28 | matt, Oberfläche braun | keine Veränderung | + |
| 6% | XT | + | + | 28 | matt, Oberfläche braun | keine Veränderung | + |
| 6% | XT-R | + | + | 28 | matt, Oberfläche schwarz | keine Veränderung | + |
| Kaliumsulfat | | | | | | | |
| 10% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT-R | + | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | o |
| Kupfersulfat | | | | | | | |
| 17% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 17% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 17% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Magnesiumsulfat | | | | | | | |
| 21% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 21% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 21% | XT-R | + | + | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | o |
| Natriumacetat | | | | | | | |
| 32% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 32% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 32% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| Natriumcarbonat (Soda) | | | | | | | |
| 2% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 2% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 2% | XT-R | + | o | 28 | Proben trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| 20% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 20% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 20% | XT-R | + | o | 28 | Proben trüb | keine Veränderung | o |
| Natriumchlorid (Kochsalz) | | | | | | | |
| 10% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 10% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Natriumphosphat | | | | | | | |
| 20% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 20% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 20% | XT-R | + | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | o |
| Natriumdihydrogen-phosphat | | | | | | | |
| 50% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 50% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 50% | XT-R | + | o | 28 | ganz leicht trüb | keine Veränderung | o |
| Dinatriumhydrogen-phosphat | | | | | | | |
| 8,5% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 8,5% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 8,5% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Natriumhydrogen-sulfat | | | | | | | |
| 40% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 40% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 40% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Natriumnitrat | | | | | | | |
| 45% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 45% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 45% | XT-R | + | o | 28 | leicht trüb | keine Veränderung | o |
| Natriumsulfat (Glaubersalz) | | | | | | | |
| 25% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 25% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 25% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Natriumchlorat | | | | | | | |
| 49% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 49% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 49% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Natriumthiosulfat | | | | | | | |
| 41% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 41% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 41% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zinkchlorid | | | | | | | |
| 50% | 233 | o | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 50% | XT | o | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 50% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Zinksulfat | | | | | | | |
| 35% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 35% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 35% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Harnstoff | | | | | | | |
| 51% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 51% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 51% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| Hydrochinon | | | | | | | |
| 6,7% | 233 | - | o | 28 | klar braun verfärbt | keine Veränderung | - |
| 6,7% | XT | - | - | 28 | gedeckt rotbraun verfärbt | keine Veränderung | - |
| 6,7% | XT-R | + | - | 28 | klar braun verfärbt | keine Veränderung | o |

Anorganische Verbindungen

| Chemikalie Konz | Mat | SP | CB | EZ | CB-Beurteilung | CB-Kurzzeit-prüfung | GB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hydrazin | | | | | | | |
| 15% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 15% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 15% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| Wasserstoff-peroxid (Wasserstoff-superoxid, Perhydrol) | | | | | | | |
| 3% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 3% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 3% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| 30% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 30% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 30% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Natriumhypo-chlorid | | | | | | | |
| 12% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 12% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 12% | XT-R | + | o | 28 | trüb, weiß | keine Veränderung | o |
| Wasser, vollentsalzt | | | | | | | |
| | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |

Organische Verbindungen

| Chemikalie Konz | Mat | SP | CB | EZ | CB-Beurteilung | CB-Kurzzeit-prüfung | GB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dibutylphthalat | | | | | | | |
| 99% | 233 | - | - | 28 | angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT | - | - | 28 | angelöst | keine Veränderung | - |
| 99% | XT-R | - | - | 1 | gequollen, angelöst, weiß | keine Veränderung | - |
| Diisobutylphthalat | | | | | | | |
| 97% | 233 | | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | |
| 97% | XT | | - | 28 | angelöst | keine Veränderung | - |
| 97% | XT-R | | - | 28 | stark angelöst, trüb, Spannungsrisse | keine Veränderung | - |
| Paraffin, dünnflüssig | | | | | | | |
| 100% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 100% | XT | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 100% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| Sebacinsäure-bis-2-ethyl-hexylester (Dioctylsebacat) | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT-R | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| Trikresylphosphat | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | - | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | - |
| | XT-R | - | - | 7 | angelöst, matt | keine Veränderung | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rizinusöl | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| | XT-R | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| Sojabohnenöl | | | | | | | |
| | 233 | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| | XT-R | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| Triethanolamin | | | | | | | |
| 98% | 233 | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |
| 98% | XT | - | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | o |
| 98% | XT-R | + | + | 28 | keine Veränderung | keine Veränderung | + |

® = eingetragene Marke

PLEXIGLAS, PLEXIGLAS RESIST und PLEXIGLAS SOUNDSTOP sind eingetragene Marken der Evonik Röhm GmbH, Darmstadt.

Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001 (Qualität) und DIN EN ISO 14001 (Umwelt)

Unsere Informationen entsprechen unseren heutigen Kenntnissen und Erfahrungen nach unserem besten Wissen. Wir geben sie jedoch ohne Verbindlichkeit weiter. Änderungen im Rahmen des technischen Fortschritts und der betrieblichen Weiterentwicklung bleiben vorbehalten. Unsere Informationen beschreiben lediglich die Beschaffenheit unserer Produkte und Leistungen und stellen keine Garantien dar. Der Abnehmer ist von einer sorgfältigen Prüfung der Funktionen bzw. Anwendungsmöglichkeiten der Produkte durch dafür qualifiziertes Personal nicht befreit. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von Schutzrechten Dritter. Die Erwähnung von Handelsnamen anderer Unternehmen ist keine Empfehlung und schließt die Verwendung anderer gleichartiger Produkte nicht aus.

Kenn-Nr. 211-4 Mai 2000

Business Unit Performance Polymers
Evonik Röhm GmbH Kirschenallee, 64293 Darmstadt, Deutschland.
info@plexiglas.de www.plexiglas.de www.evonik.com

# 12 Glossar

**Betriebsmittelkennzeichen**

Innerhalb des Lebenslaufes industrieller Anlagen wird für Planung, Entwurf, Realisation, Betrieb, Instandhaltung und Demontage ein einheitliches Betriebsmittelkennzeichensystem benötigt, um alle Objekte innerhalb des Systems jederzeit eindeutig identifizieren zu können. Die Betriebsmittelkennzeichen (auch Referenzkennzeichen) werden am Betriebsmittel angebracht und in der technischen Dokumentation (z.B. Stromlaufplan) eingetragen.

**Desorption**

Als Desorption (von lat. de-sorbere, sorbere = (auf-)saugen) bezeichnet man den Vorgang, bei dem Moleküle die Oberfläche eines Festkörpers verlassen. Um desorbieren zu können, muss das Teilchen genügend Energie zur Überwindung der Bindungsenergie besitzen oder zugeführt bekommen.

**Druckanstiegstest**

Der Druckanstiegstest kann nur beim → *Zweikammer-Verfahren (Verfahren B)* durchgeführt werden. Während des Druckanstiegstests verhindert das Zwischenventil den Dampffluss von der Trocknungskammer zum Eiskondensator, so dass der Wasserdampf der → *Sublimation* nicht abströmen kann. Die Folge ist ein mehr oder weniger starker Druckanstieg, der in der Produktkammer gemessen wird. Bei vollständig getrocknetem Produkt verschlechtert sich das Vakuum nicht oder nur sehr gering.

Der Druckanstiegstest wird häufig als automatisches Umschaltkriterium zwischen Haupt- und Nachtrocknung sowie zur Erkennung des Prozessendes herangezogen.

**Einkammer-Verfahren**

Beim Einkammer-Verfahren wird sowohl das Gefrieren als auch die anschließende Trocknung des Produktes im Eiskondensatorraum durchgeführt. Das Gefrieren der Probe wird durch die niedrige Temperatur des Eiskondensators (–55°C bei einstufigen Anlagen bzw. –85°C bei zweistufigen Anlagen) bewirkt. Dabei kann der Innenraum bis auf ca. –20°C bzw. –40°C abgekühlt werden. Die in der Haupttrocknungsphase notwendige moderate Energiezufuhr zur gefrorenen Probe wird durch beheizbare Stellflächen geleistet, auf denen sich das Produkt befindet.

**Eutektischer Punkt**

Der eutektische Punkt bezeichnet den Punkt, in dem eine homogene Mischphase (z.B eine eutektische Legierung) direkt vom flüssigen in den festen Zustand übergeht, also kein aus verschiedenen Phasen bestehendes Kristallgemisch entsteht.

**Komparative Druckmessung**

Die gasartabhängige Vakuummesssonde der Trocknungskammer nach "Pirani" (z.B. Thyracont VSP62/63) zeigt während der Sublimation, also bei höherer Konzentration bei Wasserdampfmolekülen in der Atmosphäre, eine Abweichung gegenüber einer kapazitiven Vakuummesssonde (z.B. MKS 722B). Nimmt der Anteil an Wasserdampfmolekülen zum Ende der Haupttrocknung ab, gleichen sich die Sensorren einander an. Diese Differenz wird ausgewertet.

Die komparative Druckmessung wird häufig als automatisches Umschaltkriterium zwischen Haupt- und Nachtrocknung sowie zur Erkennung des Prozessendes herangezogen.

**Sicherheitsdruck**

In Kenntnis des dominierenden Einflusses des Vakuums auf die Produkttemperatur hat die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH eine so genannte Sicherheitsdruck-Funktion als Produktschutz in ihre Anlagen integriert: Wenn der Druck in der Trocknungskammer zu stark – über die Sicherheitsgrenze hinaus – ansteigt, wird die Energieversorgung der Stellflächen unterbrochen und der Sublimationsprozess verlangsamt sich. So wird ein Schmelzen des Produktes verhindert.

Als Sicherheitsdruck sollte der Wert eingesetzt werden, der auf der Dampfdruckkurve über Eis einer Temperatur 5°C unter dem Schmelzpunkt des Produktes entspricht.

**Sublimation**

Als Sublimation, seltener auch Sublimierung (von lat. "sublimis" = hoch in der Luft befindlich, erhaben), bezeichnet man in der Thermodynamik den Prozess des unmittelbaren Übergangs eines Stoffes vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand.

**Wireless Shelf Technology**

Die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH hat mit Wireless Shelf Technology (WST) ein System für Laboranlagen entwickelt, das Kabelverbindungen an den einzelnen elektrisch beheizbaren Stellflächen und anderen Zubehörteilen überflüssig macht. Ein Anschlussblech mit zwei elektrischen Kontakten wird zwischen der Eiskondensatorkammer und der externen Trocknungskammer platziert. Sie bildet die zentrale Ebene, an der die Zubehörteile angeschlossen werden. Jedes elektronisch gesteuerte Zubehörteil ist mit einem separaten Modul ausgestattet. Mit Hilfe dieser Module können verschiedenste Teile miteinander kombiniert werden.

**Zweikammer-Verfahren**

Die Trocknung auf Stellflächen außerhalb des Eiskondensatorraums wird als Zwei-Kammer-System bezeichnet. Der Vorteil gegenüber dem → *Einkammer-Verfahren)* besteht in der wesentlich größeren Produktkapazität. Außerdem kann durch ein Zwischenventil die Produktkammer vom Eiskondensatorraum abgesperrt werden, um einen so genannten → *Druckanstiegstest* zur Bestimmung des Trocknungsendes durchzuführen. Bei Anlagen ohne aktive Stellflächenkühlung müssen die Proben allerdings zuvor extern, z.B. in einer Kühltruhe oder einem Gefrierschrank, vorgefroren werden. Nach Überführung des Produkts in die Gefriertrocknungsanlage wird dann die eigentliche → *Sublimation* gestartet.

# 13 Index

**A**

Abholauftrag (nur innerhalb Deutschlands) 99
Ablauf eines Gefriertrocknungsprozesses .. 19
Abmessungen ..... 31
Abtauen ..... 65
Abtauen mit Heißgas ..... 22
Adsorptionsfilter ..... 35
Akustischer Signalgeber ..... 56
Allgemeine Störungen ..... 83
Allgemeinen Geschäftsbedingungen ..... 10
Angezeigter Vakuumwert nicht korrekt ..... 84
Anlagenschema ..... 48
Anschluss Kühlwasserrücklauf ..... 102
Anschluss Kühlwasserzulauf ..... 102
Anschlussart ..... 34
Anschlussdaten ..... 102
Anzeigen oder Ändern der Sollwerte ..... 65
Artikelnummer ..... 16
Aufbau der Gefriertrocknungsanlage ..... 12
Aufstellort ..... 34
Aufstellung und Anschluss ..... 34
Ausschalten ..... 82
Automatisches Belüften, Verschließen, Lagern ..... 81
Aziden ..... 28

**B**

Baujahr ..... 16
Bedienelemente ..... 12
Bedienoberfläche ..... 43
Bedienpersonal ..... 25
Bedienung der Beladetür ..... 37
Belüften ..... 65
Belüften, Verschließen, Lagern ..... 75, 81
Belüftung ..... 34, 87
Belüftungsmedium vorwählen ..... 53
Belüftungsmedium, Vorwahl ..... 81
Belüftungsventil ..... 38, 86, 102
Belüftungsventil, Reinigung ..... 91
Berechnung des Regelsollwertes für Vakuum: ..... 104
Berechnung des Regelsollwerts und der Steigung für Temperatur ..... 104
Beschilderung des Geräts ..... 23
Bestellnummer ..... 101, 102
Bestimmungsgemäße Verwendung ..... 9
Betriebsart wählen / starten ..... 50
Betriebsmittelanschlüsse ..... 102
Betriebsmittelkennzeichen ..... 49, 60, 127
Betriebssicherheit ..... 93
Betriebsspannung ..... 34
Betriebsstunden ..... 60
Betriebszustand ..... 45
BGV A3 ..... 98
Brandschutz ..... 28
brennbare Substanzen ..... 28

**C**

CE-Zeichen gemäß Richtlinie 2006/42/EG . 23
Chemische Reaktionen ..... 93
Chemische und biologische Sicherheit ..... 28
Christ Wartungsvertrag ..... 98

**D**

Dampfdruckkurve für Eis und Wasser ..... 46
Dampfdruckkurve über Eis ..... 17
Dampfdruckkurve über Eis ..... 18
Datenschnittstelle (LAN) ..... 102
Datum / Zeit ..... 55
Dekontaminationserklärung ..... 99
Dekontaminationsmittel ..... 89
delta p Druckanstiegstest (optional) ..... 68
deltaT Komparativ ..... 68
deltaT Produkt ..... 68
deltaT Stellfläche ..... 68
Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör ..... 94
Desinfektionsmittel ..... 94
Desorption ..... 127
Detailinformationen ..... 49
Detailinformationen zu Software-Versionen 63
Dialogfenster "Anlagenschema" ..... 48
Dialogfenster "Betriebsart wählen / starten" 50

## Index

Dialogfenster "Neues Programm" ..... 51
Dialogfenster "Prozess- und Anlagenmeldungen" ..... 48
Dialogfenster "Tools" ..... 46
Differenz Wassertemperatur ..... 102
Differenzdruck zwischen Vorlauf und Rücklauf ..... 102
Druckanstiegstest ..... 47, 72, 81, 127
Druckkorrosion siehe auch Korrosion ..... 93
Druckmessung, komparative ..... 81
Druckstellen ..... 93
Drucksteuerventil ..... 40
Drucksteuerventil, Fehlfunktion ..... 86

**E**

EG-Konformitätserklärung ..... 105
Einhaltung der EG-Richtlinien zum Arbeitsschutz ..... 25
Einkammer-Verfahren ..... 127
Einschalten ..... 42
Eiskondensator ..... 101
Eiskondensatorkammer, Reinigung ..... 90
Eiskondensatortemperatur ..... 68, 87
Elektrische Sicherheit ..... 26
Elektrischer Anschluss ..... 102
Emissionen ..... 28
Energieversorgung ..... 34
Entsorgung der Gefriertrocknungsanlage ..... 100
Entsorgung der Verpackung ..... 100
Ersatzteilanfragen ..... 88
Erste Inbetriebnahme ..... 42
Eutektischer Punkt ..... 127
explosive Substanzen ..... 28
externer Datenträger ..... 45

**F**

Fabriknummer ..... 16, 63, 88, 97
Fachpersonal ..... 97
Fehlerbeschreibung ..... 99
Fehlermeldungen ..... 29
Fehlerspeicher ..... 60
Fehlersuche ..... 83
Firmensitz ..... 16
Formular zur Rücksendung defekter Teile ..... 99
Füllmengen ..... 101
Funkentstörungsgrad ..... 16
Funktions- und Bedienelemente ..... 12
Funktionsstörungen ..... 27

**G**

Gasinjektion mit Proportionalventil ..... 54, 81
Gefahr ..... 89
Gefahrenhinweise ..... 9, 10
Gefahrenstoffe ..... 26, 94
Gefrieren ..... 20
Gefriertrocknung allgemein ..... 17
Gefriertrocknung manuell ..... 64
Gefriertrocknung mit Programmgeber $PGM_{plus}$ ..... 66
Gefriertrocknungsanlage, Reinigung ..... 89
Gefügezerstörungen ..... 93
Geräteoptionen ..... 58
Gerätetyp ..... 16, 88, 97, 101
Geräuschpegel ..... 101
Gewährleistung und Haftung ..... 10
Gewicht ..... 31, 101
Gummiventile ..... 41, 86

**H**

Haftung ..... 89
Hauptfenster "?" ..... 63
Hauptfenster "Manuell" ..... 44
Hauptfenster "Optionen" ..... 52
Hauptfenster "Programm" ..... 51
Haupttrocknung ..... 21
Heißgasabtauung ..... 22
Hersteller ..... 16, 26, 28, 89, 94, 101

**I**

Inbetriebnahme ..... 11
infektiöse Substanzen ..... 28, 94
Informelle Sicherheitshinweise ..... 25
Innerbetrieblicher Transport ..... 33
Inspektion durch den Hersteller ..... 97
Installation von Zubehörkomponenten ..... 42
Instandhaltungsarbeiten ..... 97
IP-Code ..... 102
Istwerte aktueller Prozess ..... 46

**K**

Kältemittel ..... 101
Kältemitteldaten ..... 16
Kälteschema ..... 103

Kein ausreichendes Vakuum ..... 83, 85
Keine Anzeige auf dem Display ..... 83
Keine ausreichende Eiskondensator- oder Stellflächentemperatur ..... 84
Kleinflanschverbindungen ..... 85
Klick bei Touch ..... 57
Komparative Druckmessung ..... 73, 81, 128
Konformitätserklärung ..... 10, 105
Kontakt im Servicefall ..... 88
Kontakt zum Hersteller ..... 63
Kontamination ..... 89
Korrosion ..... 89, 93
Kostenvoranschlag ..... 99
Kühlfalle ..... 28
Kühlwasserdruck ..... 102
Kühlwassermengenregler ..... 102
Kühlwasserrücklauf ..... 102
Kühlwasserzulauf ..... 102

**L**

Lagerbedingungen ..... 31
Lagerung ..... 31
Lagerung und Transport ..... 31
Laufzeit Passworttimer ..... 57
Lebensdauer ..... 89
Lecktest ..... 65
Leeres Programm erstellen ..... 70
Leistungsdaten ..... 101
Lieferumfang ..... 11
Lösemittel ..... 89
$LPC_{plus}$ SCADA System ..... 82
$LSC_{plus}$ Anlagensteuerung ..... 43
Lüftungsöffnungen ..... 34
LyoControl $LC_{plus}$ Messsystem ..... 82
LyoControl-Rx ..... 68
$LyoLog_{plus}$ Messdatenerfassung ..... 82

**M**

Maßeinheit ..... 53
Mathematische Zusammenhänge ..... 104
Max. Luftfeuchte ..... 103
Mechanische Sicherheit ..... 27
Medienablauf ..... 65
Medienablaufventil ..... 39, 86, 102
Medienablaufventil, Reinigung ..... 91
Mittels Kühlwasser abgeführte Wärme ..... 102
mögliche drohende Gefahr ..... 24
mögliche gefährliche Situation ..... 24

**N**

Nachtrocknung ..... 21
Nennleistung ..... 16, 102
Nennspannung ..... 16
Nennstrom ..... 16, 102
Netzausfall ..... 84
Netzlaufwerk ..... 45
Netzsicherung ..... 102
Netzwerk ..... 56
Neues Programm ..... 51
Nichtgebrauch ..... 89
Normen und Vorschriften ..... 10

**O**

Oberflächentemperaturen ..... 28
Ölnebelabscheider ..... 39, 92
Ölnebelabscheider (Auspufffilter) ..... 92
Ölwechsel Vakuumpumpe ..... 61
Online Formular-Download ..... 99
Option: Belüften, Verschließen, Lagern ..... 75
Option: Druckanstiegstest ..... 47, 72
Option: Komparative Druckmessung ..... 73
Option: Wägesystem ..... 48, 74
Optionale Erweiterungen ..... 81

**P**

Passwort Bediener / Service / Administrator ..... 58
Passworteingabe schlägt fehl ..... 83
pathogene Substanzen ..... 28, 89, 94
Pflege durch den Benutzer ..... 89
Phasen der Gefriertrocknung ..... 19
Physikalische Daten ..... 101
Produktrückstände entfernen ..... 89
Programm bearbeiten ..... 78
Programm erstellen ..... 70
Programm kopieren ..... 79
Programm laden ..... 79
Programm löschen ..... 80
Programmabschnitte ..... 67
Programmliste ..... 51
Programmvorlagen ..... 78
Prozess Sollwerte ..... 45
Prozess- und Anlagenmeldungen ..... 48

Prozess- und Fehlermeldungen ..... 87
Prozessdaten ..... 44

**R**

radioaktive Substanzen ..... 28, 89
Referenzkennzeichen ..... 127
Reinigung der Gefriertrocknungsanlage ..... 89
Reinigungsmittel ..... 89, 94
Restrisiken ..... 30
Rissbildung ..... 93
Rücksendung defekter Teile ..... 98
Rücksendung von Gefriertrocknungsanlagen, Rotations-Vakuum-Konzentratoren, Ersatzteilen oder Zubehör ..... 98

**S**

Schaltfläche "Stopp" ..... 50
Schaltfläche "Werte Ansicht/Ändern" ..... 45
Schmelzdruckkurve ..... 17
Schutzhandschuhe ..... 28
Schutzklasse ..... 102
Schutzkleidung ..... 28
Sensor Abgleich ..... 62
Sensor Konfiguration ..... 59
Seriennummer ..... 16, 63
Service ..... 60
Serviceanforderung ..... 88, 97
Sicherheits- und Gefahrenhinweise .. 9, 10, 25
Sicherheitsabstand ..... 26, 34
Sicherheitsbereich ..... 26
sicherheitsbewusstes Arbeiten ..... 25
Sicherheitsdatenblätter der Hersteller für Kältemittel und Wärmeträger ..... 103
Sicherheitsdruck ..... 128
Sicherheitseinrichtungen ..... 29
Sicherheitshinweise ..... 26
Sicherheitshinweise zur Gefriertrocknung .. 26
Sicherungen ..... 28
Sicherungen bauseits ..... 34
Sollwerteingaben im manuellen Modus ..... 65
Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil ..... 54
Sonderausstattung: Türverschlussriegel aus Edelstahl an der Beladetür ..... 90
Sonderausstattung: Vorwahl Belüftungsmedium ..... 53
Sonderausstattung: Wasserkühlung ..... 102
Sonderausstattungen ..... 81
Sprache ..... 52
stark korrodierende Substanzen ..... 27
Statuszeile ..... 45
Stellenwert der Betriebsanleitung ..... 9
Stellflächen ..... 101
Stellflächentemperatur ..... 87
Störungen ..... 27, 30, 83
Störungen und Fehlersuche ..... 83
Stromlaufpläne ..... 103
Sublimation ..... 128
Sublimationsdruckkurve ..... 17
Symbol- und Hinweiserklärungen ..... 24
Systemeigenschaften ..... 56
Systemkontrolle ..... 29

**T**

Technische Daten ..... 101
Technische Dokumentation ..... 103
Temperatur Wasserrücklauf ..... 102
Temperatur Wasservorlauf: ..... 102
thermische Belastungen ..... 34
Thermische Sicherheit ..... 28
thermischen Belastungen ..... 89
Tools ..... 46
Touch panel ..... 43
Touch panel reagiert nicht oder nicht korrekt ..... 83
toxische Substanzen ..... 28, 89
Transport ..... 31
Transporthinweise ..... 31
Transportsicherungen ..... 33
Tripelpunkt ..... 17
Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter) ..... 35
Trocknungsende und Belüften ..... 22
Trocknungskammer ..... 101
Trocknungsverfahren ..... 42
Türverschlussriegel aus Edelstahl an der Beladetür ..... 90
Typ der Anlagensteuerung ..... 63
Typ der Gefriertrocknungsanlage ..... 63
Typenschild ..... 16

**U**

Überdruck ..... 27
Umgebungsbedingungen ..... 103

Umgebungstemperatur ..... 34, 103
Umweltschutz ..... 25
Unbedenklichkeitsbescheinigung des Betreibers ..... 99
Undichtigkeit im Medienablaufventil ..... 83
Undichtigkeit in einem Gummiventil ..... 83
Undichtigkeiten ..... 85
Unfallverhütung ..... 9, 25
Unfallverhütungsvorschriften ..... 25
unmittelbare drohende Gefahr ..... 24
Urheberrecht ..... 10
Ursprungsland ..... 16
UV-Strahlung ..... 34, 89

**V**

Vakuum ..... 68
Vakuumanschluss ..... 102
Vakuummesssonde ..... 36, 86, 93
Vakuumpumpe ..... 28, 39
Vakuumpumpe schaltet nicht zu ..... 84
Vakuumpumpe, Reinigung ..... 92
Verantwortung des Betreibers ..... 25
Verhalten bei Gefahren und Unfällen ..... 29
Verhalten Drucksteuerventil bei unzureichender Kühlung des Eiskondensators ..... 57
Verpackung ..... 32
Verpackung ..... 100
Verschleißerscheinungen ..... 97
Versorgungsspannung ..... 26, 34
Verwaltung ..... 55
Volumenstrom ..... 102
Vorbereitung ..... 19, 42
Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung ..... 25
Vorwahl Belüftungsmedium ..... 53, 81

**W**

Wägesystem ..... 48, 74, 82
Wärmeabgabe ..... 101
Wärmetauscher, Reinigung ..... 91
Wärmeträger ..... 101
Warm-up Phase der Vakuumpumpe ..... 69
Wartung ..... 62
Wartung und Instandhaltung ..... 89
Wartungsarbeiten ..... 89
Wartungsvertrag ..... 98
Wasserrücklauf-Temperatur ..... 102
Wassertemperatur-Differenz ..... 102
Wasservorlauf-Temperatur ..... 102
Weiterschaltbedingungen ..... 68
Werte Ansicht/Ändern ..... 45
wichtige Sachverhalte ..... 24
Wireless Shelf Technology ..... 128
Wirkungsweise ..... 17

**Z**

Zeichenerklärung ..... 10
Zubehör ..... 11, 89, 93
Zugriffschutz ..... 57
Zweikammer-Verfahren ..... 128